ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 MARS 1949.

PRÉSIDENCE DE M. Charles JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Charles Jacob** rend compte de son voyage à Auckland, où il représentait l'Académie, avec M. **Roger Heim**, au septième Congrès scientifique du Pacifique.

BOTANIQUE. — *Sur une Virose remarquable ayant fait apparaître une espèce linnéenne nouvelle par mutation de la Cymbalaire des murailles.* Note de M. **Auguste Chevalier**.

La plante dont il est question ici a déjà fait l'objet de nombreuses remarques depuis qu'elle fut décrite par nous il y a une quinzaine d'années sous le nom de *Cymbalaria Toutoni* Chev.

Son aspect est très différent de la Cymbalaire commune (*C. muralis* Gunth.); les feuilles hétéromorphes sont profondément 2-6 lobées, parfois même plurifoliolées, rarement n'ayant qu'une foliole lancéolée entière, souvent munies sur les bords de petits appendices linéaires ou spatulés, ceux-ci accompagnés ou non à la base d'un très petit bourgeon; les fleurs sont souvent anormales; tous ces caractères sont si particuliers qu'on n'hésite pas, au premier abord, à la regarder comme une bonne espèce linnéenne et c'est comme telle que nous l'avons décrite en 1936. Ses caractères anormaux stables quoique variables sur les organes d'un même individu font penser à une monstruosité, mais la plante se reproduit par graines depuis douze ans, semblable à elle-même. Elle se maintient par semis spontané sur des murs où elle a été ensemencée une première fois et sur ces murs elle vit en mélange avec *C. muralis*, tout en restant bien distincte. On peut la multiplier par semis ou par bouturage sans qu'il apparaisse des formes intermédiaires, sauf dans les semis où l'on observe quelques retours au type. En vérité, il semble qu'on se trouve en présence d'une néoespèce apparue par mutation et cette plante nous a paru longtemps un remarquable exemple d'espèce nouvelle née presque sous nos yeux et qui

se maintient depuis déjà quatorze ans, mais dont on ne connaît toujours que les descendants du plant initial (il existait en réalité trois touffes lors de la découverte).

Historique. — *C. muralis* est une espèce originaire de la région méditerranéenne orientale, mais elle est acclimatée depuis de nombreux siècles dans une grande partie de l'Italie. Nous l'avons observée sur les ruines du Colisée à Rome, où elle existe sans doute depuis très longtemps. Elle est apparue en France depuis 150 ans environ et elle est aujourd'hui répandue sur les vieilles murailles dans tout le territoire, du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest. Elle est vivace, au Sud de la Loire; dans le Nord et le Nord-Ouest, elle gèle souvent et meurt en hiver pour réapparaître par semis naturel au printemps suivant. Elle est restée très homogène et c'est la forme *typica* qui existe presque partout, mais en diverses localités on voit apparaître aussi parfois des formes nouvelles peu différenciées. C'est ainsi qu'en 1912, Ed. Gerbault découvrit à Fresnay-sur-Sarthe (Sarthe) deux formes anormales *Linaria Cymbalaria* var. *anthirrhiniflora* et *L. Cymb.* var. *heterophylla* dont nous avons fait *C. Gerbaulti* Chev. Vingt-quatre ans plus tard M. J.-B. Touton, un botaniste mayennais, trouvait sur un vieux mur à Laval trois touffes très anormales d'un Cymbalaire qu'il nous montra sur place en juin 1936. Toutes les feuilles étaient profondément lobées et en coin à la base, au lieu d'être réniformes-cordées. Par leur aspect elles rappelaient *C. Gerbaulti* (qui n'a jamais été revu), mais les incisions des feuilles étaient beaucoup plus profondes, parfois même divisées en folioles distinctes; les fleurs et capsules présentent aussi des caractères spéciaux. C'est cette plante étrange que nous avons nommée dès 1936, année de sa découverte, *Cymbalaria Toutoni*, en la signalant comme une mutation.

M. Touton et nous-même la suivons depuis quatorze ans. Notre correspondant en récolta des graines dès 1937 et eut l'heureuse idée de la cultiver. Il constata que par semis ou boutures elle se maintenait, ne présentant que peu de retours au type. Elle est largement cultivée déjà en France en divers jardins botaniques ou chez des amateurs. Nous l'avons introduite en 1940 dans le Jardin alpin du Muséum de Paris, et grâce au concours de M. Guinet elle s'est répandue sur un mur, associée à la forme *typica* et au *C. pilosa* et elle s'y maintient, se ressemant d'elle-même depuis huit ans. Nous la cultivons aussi en pots depuis cette époque. Nous avons constaté ainsi qu'elle était plus fragile aux intempéries que la forme *typica*. En 1940, M. J.-B. Touton a publié une très intéressante Note accompagnée d'une planche due à Mlle Vesque, sur cette remarquable plante. Il conclut que ce n'est ni un hybride, ni une monstruosité, ni une fascie. « C'est, dit-il, une mutation apparue sans qu'on en connaisse les causes. » M. Touton avait déjà observé en 1940 que sa plante fructifie abondamment, elle donne des graines qui reproduisent la mutation dans la proportion de 98 %. En 1943, cet observateur est revenu sur cette question.

Il constate que *C. Toutoni*, tout en étant très fertile (il donne habituellement de 30 à 50 graines par capsule), croît moins rapidement que *C. muralis*. Enfin il regarde comme hybride : *C. Toutoni* × *C. muralis*, une plante obtenue par lui qui en F_1 a l'aspect de *C. Gerbaulti*; en F_2 elle s'est scindée en deux formes : sur 430 plants, 305 rappellent le *muralis* avec des anomalies et 125 sont conformes au *Toutoni*. L'Auteur conclut que, par la disjonction, l'hybride suit la loi de Mendel, *C. muralis* ayant les caractères dominants. Ces hybrides seraient tout aussi fertiles que les parents.

Vers la même époque, un autre botaniste mayennais, M. R. Corillion, ayant cultivé *C. Toutoni*, a fait d'autres constatations; il constate que *C. Toutoni* produit fréquemment des fleurs aberrantes que nous avons observées aussi très souvent dans nos cultures : les unes sont irrégulières à 2 ou 3 éperons, d'autres ont la corolle polypétale régulière sans aucun éperon, et il considère celles-ci comme des pelories sans éperons; les capsules de ces plantes à maturité sont beaucoup plus petites et ne contiennent chacune que 2 à 4 graines.

En 1946-1947 tous les plants de *C. Toutoni* que nous cultivions à Paris en plein air furent détruits par les gelées. Heureusement il s'en ressema dans le Jardin alpin du Muséum, et c'est là que nous avons trouvé les plants que nous cultivons aujourd'hui en pots au Laboratoire pour les observer de plus près. Nous avons bientôt constaté que ces plantes présentent une foule d'anomalies : Sur les jeunes pousses s'observent des feuilles plus ou moins recroquevillées et dissymétriques, parfois repliées en ourlet; d'autres sont un peu boursoufflées ou même concaves en dessus, en forme de cupule, sur les bords ou sur la surface supérieure existent parfois de petits appendices filiformes. La plupart des fleurs sont anormales et nous les décrirons prochainement. De telles anomalies s'observent sur d'autres végétaux, notamment sur des plantes atteintes d'une virose. L'examen récent d'une étude de Henry H.-P. Séverin publiée dans le dernier numéro de la revue *Hilgardia* sur les maladies à virus de l'Épinard en Californie, nous a montré des anomalies avec laciniures assez semblables, dans le système foliaire des *Spinacia*. Il semble dès maintenant que *Cymbalaria Toutoni* est aussi la conséquence d'une virose.

ÉVOLUTION. — *Le Lamarckisme chimique*. Note (*) de M. **Paul Wintrebert**.

L'évolution, reconnue de tous, reste inexpliquée; j'ai tenté d'en saisir le mécanisme.

Discussion des théories. — Les fondateurs du transformisme, Lamarck et Darwin, conçoivent différemment le mécanisme de l'adaptation. Seul, Lamarck exalte le vivant et fait intervenir l'effort, le besoin de vivre, les habitudes, le comportement des organes. Rejetant l'effet direct des facteurs ambiants sur les

(*) Séance du 21 mars 1949.

animaux, il attribue leur adaptation aux réactions qu'ils opposent aux circonstances ([1]). Pour Darwin, au contraire, le vivant, aux prises avec les conditions de vie, réagit au hasard et doit à la rigidité inflexible du milieu, l'élimination de ses transformations fantaisistes; il est exclu de son destin. Cependant la Sélection naturelle ne joue sur l'être transformé aucun rôle actif; le milieu n'intervient sur lui que passivement; il n'est qu'un instrument de mesure de ses capacités, qu'un obstacle à franchir, devant lequel il se sélectionne lui-même.

La découverte des mutations a fait accomplir à l'évolutionisme un pas décisif et la correspondance entre elles et les gènes chromosomiens, établie par Morgan et son école, a jeté sur les mécanismes de l'hérédité et de la variation la plus vive lumière. Mais l'interprétation des mutations expérimentales demande réflexion. On peut les classer en trois catégories : 1° les *mutations provoquées* par des agents externes puissants, physiques ou chimiques (rayons X, radium, température, toxiques, etc.); 2° les *mutations dirigées*, soit par le doublement, chez les Hybrides, des garnitures chromosomiques, soit par les inductions organiques, issues d'un génotype étranger; 3° les *mutations imposées* par un changement de climat.

Les premières, obtenues en dehors de toute intervention du vivant, sont des mutilations directes des gènes les plus vulnérables, réalisant des variations quelconques, et généralement régressives. Dénuées de valeur évolutive, elles ont engendré, chez la Drosophile, dans le cadre de l'espèce, une véritable « cour des miracles ».

Les secondes, l'amphidiploïdie mise à part, répondent à l'incorporation dans un génotype, de gènes qu'il n'a pas créés et qu'il reçoit indirectement d'un autre génotype, par l'intermédiaire de ses inductions. Elles sont déterminées grâce à la mise en commun de leurs milieux organiques, la sève, le sérum, des sécrétions, des extraits et réalisées à l'aide de procédés tels que la greffe végétative [L. Daniel ([2]); T. D. Lyssenko ([3])], le changement de la bactérie symbiotique chez les Myxobactéries [P. E. Pinoy ([4])], le traitement de la moisissure *Neurospora* par un sérum antineurospora [S. Emerson ([5])], d'une bactérie par l'acide désoxyribonucléique d'une autre bactérie [A. Boivin ([6])]. Ces véritables *greffes de gènes*, effectuées par l'entremise de leurs enzymes, c'est-à-dire par voie somatique ou végétative, sont pleines d'enseignements. Elles nous apprennent qu'un organisme peut inscrire un gène dans son patrimoine en

---

([1]) P. Wintrebert, *Arch. Zool. Exp. et Gén.*, 85, 1948, p. 151.
([2]) *Étude sur la greffe*, 1930, III, p. 1282.
([3]) *Europe*, octobre 1948, p. 57.
([4]) *Bull. Ass. Diplom. Microb. Nancy*, n° 15, décembre 1937, p. 18-24.
([5]) *Proc. Nat. Acad. Sc. U.S.A.*, 30, 1944, p. 179.
([6]) *C. R. Soc. Biologie*, 142, 1948, p. 1272.

partant de son induction et que cette réalisation est plus aisée chez les êtres inférieurs que chez les supérieurs, où sa fixation héréditaire est sujette à caution. Elles ont conduit A. Boivin ([6]) à considérer le gène comme une « macromolécule nucléoprotéique particulière, devant sa spécificité fonctionnelle à la copule désoxyribonucléique qu'il contient ». De même, Lindegren ([7]), étudiant les levures, admet que le gène est formé d'un chromogène chromosomial et d'un cytogène enzymatique, capable d'automultiplication dans le cytoplasme et Sonneborn ([8]), chez *Paramæcium*, aboutit à une conclusion analogue. Cette dualité du gène est fort suggestive ; elle correspond à la double origine que je reconnais à sa formation, par l'union, d'une hormone anticorps, correspondant à l'acide désoxyribonucléique de A. Boivin et au cytogène de Lindegren, avec la macromolécule nucléoprotéique patrimoniale.

Les *mutations imposées* par un changement de climat sont les seules qui soient d'inspiration lamarckienne, parce que, seules, elles font intervenir le vivant dans la création des substances qui mènent à sa transformation.

Réfutation des objections faites au Lamarckisme. — L'abandon du Lamarckisme tient à deux objections principales, considérées jusqu'ici comme sans réplique : l'une d'ordre expérimental, la non-hérédité de l'acquis, l'autre cytophysiologique, explicative de la première, la séparation du soma et du germen. Mais l'autonomie du germen n'est soutenable aujourd'hui ni du point de vue embryologique ([9]), ni sur le plan physiologique, du fait des inductions hormonales, tant organisatrices que fonctionnelles, qui l'unissent au soma.

D'autre part, il est avéré que, chez l'embryon, les greffes d'organes déjà déterminés sont rebelles à toute induction transformatrice. On ne peut, dès lors, estimer que le progéniteur adulte, pleinement différencié, soit exempt d'obéir à cette loi et en mesure d'exprimer la variation acquise. Il ne convient pas de s'étonner, non plus, que les *somations* parentales soient inhéritées; elles ne représentent pas, en effet, la variation à transmettre et témoignent seulement de la lutte engagée par l'être vivant, dans le cadre de ses réactions spécifiques, pour sa sauvegarde.

Grâce à la génétique, le problème de la transmission de l'acquis change de face, en passant du plan morphologique au plan chimique. Il devient une question d'hormones et il importe de distinguer l'enregistrement du gène, du moment et des conditions de son activité. C'est évidemment le progéniteur qui varie; c'est lui qui inscrit dans ses cellules, tant génitales que somatiques, le gène mutant; mais sa forme propre, spécifique, ne cède que si la mutation effectuée est assez profonde pour briser les liens de sa différenciation et provoquer une métamorphose.

([7]) *Proc. Nat. Acad. Sc. U.S.A.*, 32, 1946, p. 68.

([8]) *Act. biochimiques*, d'après Jean Brachet, 9, 1947, p. 20.

([9]) Wintrebert, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 13.

Mécanisme de l'évolution. — La conception du Lamarckisme chimique, née de ces données, cherche un appui dans les propriétés générales les plus élémentaires du vivant et le trouve dans les réactions d'immunisation qui opposent les anticorps aux antigènes. Sur ce thème, la mutation se réalise en trois temps : 1° la formation dans un organe, perturbé par le milieu, d'une substance étrangère à son comportement, révélatrice d'une altération chimique de ses mécanismes, manifestant dans sa structure la trace de son origine et faisant office d'antigène; 2° la réaction générale du système réticulo-endothélial et endocrinien qui neutralise l'effet pathologique de cet antigène par la production d'un anticorps spécifique, d'un enzyme adaptatif, qui relève la fonction déficiente et rétablit l'équilibre humoral, en présentant le caractère d'une hormone d'accompagnement, opportune et transitoire; 3° la combinaison chimique, éventuelle, de cette hormone adaptative avec la substance nucléoprotéique du patrimoine héréditaire.

La part du hasard et celle du vivant. — De ces trois étapes, antigénique, immunisante et mutationnelle, les deux premières, seules, sont l'œuvre du vivant. En les ignorant, la « génétique évolutive » aboutit à frustrer le vivant de sa prérogative essentielle, la faculté d'invention adaptative, qui domine les autres propriétés et les dirige dans l'exploitation du milieu. La troisième étape, au contraire, est d'ordre purement chimique; elle échappe au vivant; elle s'accomplit certes en lui, par l'union de deux substances qui lui sont propres, mais elle se passe à son insu, sans sa participation et, de plus, à son détriment, du fait qu'elle efface son individualité spécifique. L'emprise du vivant sur la nature est donc à son tour dominée par la loi physique fondamentale qui gouverne l'univers. A celle-ci, doivent être attribuées la discontinuité des formes et leur fixation héréditaire, leur fantaisie et leur défaut d'adaptation, passibles de la sélection, l'irréversibilité de l'évolution qui, à chaque étape, restreint le champ des mutations futures. En revanche, par la stabilité héréditaire qu'elle procure, elle offre à l'espèce un relais de sécurité, dégagé des défectuosités antérieures et point de départ de nouvelles acquisitions et, par l'irréversibilité de ses combinaisons, elle impose sans cesse au vivant l'obligation de se dépasser. C'est donc grâce à ses qualités propres et spécialement à sa faculté d'invention, maîtresse de l'adaptation, que la matière vivante, nonobstant la loi physique fondamentale qui joue uniquement sur ses données, progresse orthogénétiquement, dans les divers milieux où elle est placée, sans que l'on puisse parler à ce sujet de finalité; car, si le vivant a pour but de subsister, l'évolution ne lui appartient pas et brise, à chaque mutation, sa destinée. Mais c'est aussi parce que la loi physique fondamentale s'exerce sur les acquisitions du vivant que, sous d'autres formes, la vie continue.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions sphériques de Laplace de symétrie cristallographique donnée.* Note (*) de MM. **Georges Polya** et **Burnett Meyer.**

En employant les notations d'une Note précédente [1] nous considérons le problème suivant : *Étant donné un groupe $\mathcal{G}$ et un entier m, déterminer h_m fonctions sphériques d'ordre m linéairement indépendantes qui ne sont changées par aucune opération du groupe $\mathcal{G}$.* Pour résoudre ce problème, il faut trouver h_m polynomes homogènes de trois variables $P_j(x, y, z)$ $(j = 1, 2, \ldots, h_m)$ qui sont des invariants de $\mathcal{G}$, de degré m et linéairement indépendants mod. r^2, où $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$. Alors,

$$r^{2m+1} P_j\left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right) r^{-1}$$

pour $j = 1, 2, \ldots, h_m$ donne les fonctions sphériques demandées [2]. Le tableau donne les polynomes P_j pour chaque degré m et pour chaque groupe fini à l'exception de $\mathcal{J}$ et $\mathcal{J}_i$, qui ne jouent pas de rôle en cristallographie. Nous y utilisons les abréviations

$$O_3 = xyz, \qquad O_4 = x^4 + y^4 + z^4,$$
$$O_6 = (y^2 - z^2)(z^2 - x^2)(x^2 - y^2),$$
$$C_m + iC'_m = (x + iy)^m;$$

C_m et C'_m sont réels. Le symbole $(1 - u)^{-1}$ y représente la série $1 + u + u^2 + \ldots$, le produit des deux séries $(u_1 + u_2 + \ldots)(v_1 + v_2 + \ldots)$ représente l'ensemble des termes $u_k v_l$, et la convention analogue est adoptée pour le produit de trois séries. Le tableau fait correspondre à chaque groupe un ensemble de polynomes en x, y, z; en y choisissant ceux de degré m, nous obtenons les h_m polynomes $P_j(x, y, z)$ demandés. La distinction entre n pair et n impair faite par le tableau est sans importance pour 8 groupes, mais essentielle pour 4 groupes : $\mathcal{C}_{ni}$ et $\mathcal{C}_n \lfloor \mathcal{C}_{2n}$ sont liés de telle manière que les invariants de l'un pour n pair sont de la même forme que ceux de l'autre pour n impair; $\mathcal{D}_{ni}$ et $\mathcal{D}_n \lfloor \mathcal{D}_{2n}$ sont liés de la même manière. D'ailleurs, les invariants des groupes plus élémentaires dont $\mathcal{T}$ n'est pas un sous-groupe peuvent être facilement exprimés plus directement, sans opérateurs différentiels, par des *fonctions associées* [3].

(*) Séance du 21 février 1949.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 28-30.

(2) Nous utilisons ici un théorème de M. A. Ostrowski, *Jahresbericht der deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 33, 1924, p. 245-247.

(3) Le résultat concernant O_i a été énoncé dans un travail de G. Polya et G. Szegö en cours de publication. Les démonstrations seront exposées dans la thèse de Burnett Meyer présentée à l'Université de Stanford.

Les polynomes P_j.

n pair.		*n* impair.
$\mathcal{T}$	$(1-O_3)^{-1}(1-O_4)^{-1}(1+O_6)$	$\mathcal{T}$
$\mathcal{O}$	$(1-O_3^2)^{-1}(1-O_4)^{-1}(1+O_3O_6)$	$\mathcal{O}$
$\mathcal{T}[\mathcal{O}$	$(1-O_3)^{-1}(1-O_4)^{-1}$	$\mathcal{T}[\mathcal{O}$
$\mathcal{T}_i$	$(1-O_3^2)^{-1}(1-O_4)^{-1}(1+O_6)$	$\mathcal{T}_i$
$\mathcal{O}_i$	$(1-O_3^2)^{-1}(1-O_4)^{-1}$	$\mathcal{O}_i$
$\mathcal{C}_n$	$(1-z)^{-1}(1+C_n+C'_n+C_{2n}+C'_{2n}+C_{3n}+C'_{3n}+C_{4n}+\ldots)$	$\mathcal{C}_n$
$\mathcal{D}_n$	$(1-z^2)^{-1}(1+C_n+zC'_n+C_{2n}+zC'_{2n}+C_{3n}+zC'_{3n}+C_{4n}+\ldots)$	$\mathcal{D}_n$
$\mathcal{C}_n[\mathcal{D}_n$	$(1-z)^{-1}(1+C_n+C_{2n}+C_{3n}+C_{4n}+\ldots)$	$\mathcal{C}_n[\mathcal{D}_n$
$\mathcal{C}_{ni}$	$(1-z^2)^{-1}(1+C_n+C'_n+C_{2n}+C'_{2n}+C_{3n}+C'_{3n}+C_{4n}+\ldots)$	$\mathcal{C}_n[\mathcal{C}_{2n}$
$\mathcal{D}_{ni}$	$(1-z^2)^{-1}(1+C_n+C_{2n}+C_{3n}+C_{4n}+\ldots)$	$\mathcal{D}_n[\mathcal{D}_{2n}$
$\mathcal{C}_n[\mathcal{C}_{2n}$	$(1-z^2)^{-1}(1+zC_n+zC'_n+C_{2n}+C'_{2n}+zC_{3n}+zC'_{3n}+C_{4n}+\ldots)$	$\mathcal{C}_{ni}$
$\mathcal{D}_n[\mathcal{D}_{2n}$	$(1-z^2)^{-1}(1+zC'_n+C_{2n}+zC'_{3n}+C_{4n}+\ldots)$	$\mathcal{D}_{ni}$

Au nom de la SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE et au sien, M. **MARCEL DELÉPINE** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Vie et œuvres de Joseph-Achille Le Bel, publiées à l'occasion du Centenaire de sa naissance.*

DÉSIGNATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Zoologie (Mammifères et Oiseaux) du Muséum National d'Histoire naturelle, pour la première ligne, M. *Jacques Berlioz* obtient 41 suffrages contre 13 à M. *Henri Heim de Balsac*.

Pour la seconde ligne, M. *Henri Heim de Balsac* obtient 28 suffrages; il y a 14 bulletins blancs et 3 bulletins nuls.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **JACQUES BERLIOZ.**

En seconde ligne .... M. **HENRI HEIM DE BALSAC.**

CORRESPONDANCE.

L'**INSTITUT DE PALÉOBOTANIQUE SAHNI**, à Luknow, Indes, informe l'Académie de sa fondation et de la cérémonie qui aura lieu le 3 avril, à l'occasion de la pose de la première pierre de sa résidence.

Un message de vœux et de félicitations lui sera adressé.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° JACQUES BOURCART. *Géographie du fond des mers. Étude du relief des océans* (présenté par M. Donatien Cot).

2° Faune de l'Empire français. IX. *Hémiptères réduviidés de l'Afrique Noire*, par ANDRÉ VILLIERS. Préface de M. ÉMILE BRUMPT (présenté par M. Louis Fage).

3° IR. G. WAEGEMANS. *Latérisation et Latérites.*

4° Institut des Parcs Nationaux du Congo belge. *Les territoires biogéographiques du Parc National Albert*, par WALTER ROBYNS.

5° Id. Exploration du Parc National Albert. Mission G. F. de Witte (1933-1935). Fascicules 55 : *Ceratopogonidæ*, par M. GOETGHEBUER. 56 : *Coreidæ*, par H. SCHOUTEDEN. 57 : *Endomychidæ*, par H. F. STROHECKER. Mission H. Damas (1935-1936). Fascicule 17 : *Larves d'hydrocanthares*, par HENRI BERTRAND.

6° Id. Exploration du Parc National de la Kagera. Mission J. Lebrun (1937-1938). Fascicule 1 : *Contribution à l'étude de la flore du parc national de la Kagera*, par J. LEBRUN, A. TATON et L. TOUSSAINT.

7° *Wissenschaftliche Arbeiten des deutschen meteorologischen Dienstes im französischen Besatzungsgebiet.* I. Jahrg. I. Band, 1947.

ALGÈBRE DE LA LOGIQUE. — *Structures logiques.*

Note (*) de M. **ANDRÉ CHAUVIN**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Le but de cette Note est d'introduire certaines structures qui nous seront utiles pour bien mettre en évidence les hypothèses nécessaires à la démonstration du premier théorème de Gödel, établir ce théorème, le généraliser (1).

a. Structures déductives. — On dit qu'un ensemble dénombrable Θ est muni d'une *structure déductive* — Θ est alors appelé *théorie*, ses éléments *propositions* — si l'on a donné une famille Γ d'ensembles Φ de parties finies A de Θ et pour chaque Φ une application $\theta = \varphi(A)$ des $A \in \Phi$ dans Θ. Si pour une φ et une A on a $\theta = \varphi(A)$, on dit que θ est *conséquence immédiate* des *propositions* de A et l'on écrit : $\theta = C(A)$. On dit que θ est *conséquence* des *propositions* d'un ensemble E si θ appartient au plus petit ensemble de *propositions* contenant les *propositions* de E et fermé pour l'opération C. On distingue un ensemble non vide de *propositions* appelées *axiomes* dont les *conséquences* sont appelées *théorèmes* ou *propositions vraies*. On appelle *démonstration* toute suite finie de m *propositions* dont la première est un *axiome* et la $n^{\text{ième}}$ un *axiome* ou une *conséquence* des $n-1$ premières quel que soit n ($1 < n \leq m$). On dit que la *démonstration démontre* sa $m^{\text{ième}}$ *proposition*. Il est clair que toute *proposition démontrée* par une *démonstration* est un *théorème* et réciproquement. On introduit une transformation biunivoque

(*) Séance du 14 mars 1949.

(1) GÖDEL, *Monat. für Math. und Phys.*, 38, 1931, p. 173; ROSSER, *Jour. of Symbolic logic*, 4, n° 2, 1939, p. 53.

réciproque de Θ, $\theta' = \nu(\theta)$; θ' est dite la *négation* de θ. Les *négations* de *théorèmes* sont appelées *propositions fausses*. *Une théorie* où l'ensemble V des *propositions vraies* et l'ensemble F des *propositions fausses* — tous deux non vides — sont disjoints est dite *consistante*. Toute $\theta \in \Theta$ qui n'appartient ni à V ni à F est dite *proposition indécidable*.

b. Structures interprétatives. — On dit qu'un ensemble dénombrable Λ est muni d'une *structure interprétative* — Λ est alors appelé *langue*, ses éléments *propositions* — si l'on se donne un ensemble dénombrable N, dont les éléments sont appelés *signes* ou *noms*, un ensemble E de suites finies d'éléments de N appelées *expressions*, une partie Π de E dont les éléments sont appelés *assertions*, une correspondance biunivoque entre Λ et Π telle que si $\lambda \in \Lambda$, $\pi \in \Pi$, $\pi = T\lambda$, $\lambda = I\pi$; π est dit la *traduction* de λ, λ l'*interprétation* de π.

c. Structures logiques. — On dit qu'un ensemble dénombrable L est muni d'une *structure logique* — L est alors appelé *logique* — s'il est muni d'une *structure déductive* et d'une *structure interprétative*.

d. Logiques classiques. — Leur *structure interprétative* a les propriétés suivantes : 1° Une partie de N admet une partition en classes appelées *types* dont chacune contient au moins un *signe* appelé *variable*. Si je désigne par $p(e; x, i)$ la suite de *signes* obtenue en remplaçant dans l'*expression* e la *variable* x partout où elle se trouve par le *signe* i du même *type* (j'écris $p(e; x, i; y, j)$ pour abréger au lieu de $p(p(e; x, i); y, j)$, etc., et j'omets x, y, s'il n'y a pas d'ambiguïté à craindre) alors $p(e; x, i) \in$ E. 2° N contient le *signe* $x\Pi$ appelé *signe de généralisation*, x pouvant être une *variable* quelconque et les deux *signes* de parenthèse (,et). Si $e \in$ E, $x\Pi(e) \in$ E; la *variable* x de e si elle existe est dite *liée* dans $x\Pi(e)$. Une *variable* qui n'est *liée* à aucune place dans une *expression* est dite *libre* dans cette *expression*. Toute *expression* qui n'a pas de *variables libres* est une *assertion*.

Leur *structure déductive* a la propriété suivante : Si $T(x\Pi e)$ est un *théorème*, $Tp(e; x, i)$ est un *théorème* si $p(e; x, i)$ est une *assertion*.

e. Logiques Péaniennes. — Ce sont des *logiques classiques*, où N contient le *signe* f et a un *type* qui contient les *variables numériques*, le *signe* o et tout *signe* obtenu en mettant f devant un *signe* déjà formé. $f\ldots f$o avec n *signes* f est désigné par $[n]$ et appelé *signe numérique*. Toute *expression* à une seule *variable numérique* est dite *signe de classe*. On dit qu'une *logique Péanienne* est ω-*consistante* si le fait que $Tp(e; x, [\xi])$ soit *vraie* quel que soit l'entier ξ — pour un *signe de classe* e déterminé, mais quelconque — entraîne que $Tx\Pi(e)$ soit *vraie*. On dit que la relation ordinaire entre entiers $R(\xi.\eta)$ a une *expression* dans une *logique Péanienne* L si E contient une *expression* $\mathcal{R}$ à deux *variables numériques* x et y telle que si $\xi.\eta$ sont deux entiers déterminés (quelconques) $p(\mathcal{R}; x, [\xi]; y, [\eta])$ est *vraie* si l'on a $R(\xi.\eta)$ et réciproquement et $p(\mathcal{R}; x, [\xi]; y, [\eta])$ est *fausse* si l'on n'a pas $R(\xi, \eta)$ et réciproquement.

f. Logiques Gödéliennes. — Donnons-nous une correspondance biunivoque

$\xi = \varphi(u)$ (ξ est dit le numéro de u) entre une partie des entiers et l'ensemble U qui a pour éléments u les *signes*, les *expressions*, les *propositions*, les *démonstrations*. Si la relation entre entiers $R_0^\varphi(\xi, \eta)$, déterminée dès que L et φ le sont : « ξ n'est pas un numéro de *démonstration* ou η n'est pas un numéro de *signe de classe* ou ξ est un numéro de *démonstration*, η un numéro de *signe de classe* et la *démonstration* n° ξ ne *démontre* pas $Tp(\varphi^{-1}(\eta); [\eta])$ (²) » a une *expression* $\mathcal{R}_0^\varphi$ dans la *logique Péanienne* L, L est dite « Gödélienne pour φ ». Dans la *logique Péanienne* Lo de Gödel (*loc. cit*) toutes les fonctions récurrentes d'entiers (*loc. cit.*) ont une *expression* dans Lo. Gödel démontre que pour cette *logique* Lo et une certaine correspondance φ_0, $R_0^{\varphi_0}(\xi, \eta)$ est récurrente : donc elle a une *expression* $\mathcal{R}_0^{\varphi_0}$ dans Lo et Lo est Gödélienne pour φ_0. On a alors le théoréme de Gödel : dans une *logique Gödélienne consistante* et *ω-consistante* la *proposition* $Tx\Pi\big(p(\mathcal{R}_0^\varphi; y, [\eta_0^\varphi])\big)$ (qui est évidemment la même que $Tp\big(x\Pi(\mathcal{R}_0^\varphi); y, [\eta_0^\varphi]\big)$) où $\eta_0^\varphi = \varphi\big(x\Pi(\mathcal{R}_0^\varphi)\big)$ est *indécidable*.

1. Supposons que cette *proposition* soit *vraie* et soit ξ_0 le numéro d'une de ses *démonstrations*. Donc la *démonstration* n° ξ_0 *démontre* $Tp\big(\varphi^{-1}(\eta_0^\varphi); [\eta_0^\varphi]\big)$ donc $Tp(\mathcal{R}_0^\varphi; x, [\xi_0]; y, [\eta_0^\varphi])$ est *fausse*. Mais puisque $Tx\Pi\big(p(\mathcal{R}_0^\varphi; y, [\eta_0^\varphi])\big)$ est *vraie*, toutes les $Tp\big(p(\mathcal{R}_0^\varphi; y, [\eta_0^\varphi]); x, [\xi]\big) = Tp(\mathcal{R}_0^\varphi; x, [\xi]; y, [\eta_0^\varphi])$ sont *vraies* : donc $Tp(\mathcal{R}_0^\varphi; x, [\xi_0]; y, [\eta_0^\varphi])$ est *vraie*. Donc la logique considérée n'est pas *consistante*.

2. Supposons que cette proposition soit *fausse*. D'après la première partie de la démonstration, la *démonstration* n° ξ ne *démontre* pas $Tp\big(\varphi^{-1}(\eta_0^\varphi); [\eta_0^\varphi]\big)$ et cela quel que soit le numéro ξ si L est *consistante*. Donc

$$Tp\big(p(\mathcal{R}_0^\varphi; y, [\eta_0^\varphi]); x, [\xi]\big)$$

est *vraie* quel que soit l'entier ξ. Mais puisque $Tx\Pi\big(p(\mathcal{R}_0^\varphi; y, [\eta_0^\varphi])\big)$ est *fausse*, la *logique* considérée n'est pas *ω-consistante*.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Un théorème sur le rang des courbes algébriques dans les corps de degré de transcendance fini.* Note (*) de M. **André Néron**, présentée par M. Gaston Julia.

Le théorème que j'obtiens ici me permet d'étendre certains des résultats que j'ai démontrés pour les faisceaux de cubiques (¹) à des familles quelconques de courbes algébriques dépendant algébriquement d'un nombre fini de paramètres.

(²) φ^{-1} est l'application réciproque de φ.

(*) Séance du 21 mars 1949.

(¹) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1781-1783.

J'en déduis l'existence dans tout corps algébrique fini de cubiques de rang ≥ 10 et, quel que soit $p > 1$, de courbes de genre p et de rang $\geq 3p + 5$.

Étant donnée une courbe algébrique Γ de genre p, à coefficients dans un corps algébrique fini quelconque K, on sait, d'après Weil, que les systèmes rationnels de p points (ou les séries linéaires de systèmes rationnels de p points équivalents) sur cette courbe forment un groupe abélien G de rang fini r. On peut donner une définition purement géométrique de ce groupe G([2]), et montrer que cette définition est valable dans un corps K quelconque. Dans tous les cas, le rang r du groupe G, fini ou infini, est dit rang de la courbe Γ dans K.

Soit maintenant un corps K, extension de degré de transcendance fini du corps des nombres rationnels, et soit k un sous-corps de K. Il existe un corps intermédiaire K' : $k \subset K' \subset K$, extension purement transcendante de k :

$$K' = k(u_1 \ldots, u_n)$$

et tel que K soit une extension algébrique finie de K' (qu'on peut toujours supposer simple).

$K = K'(\alpha)$, avec α racine de $f(z) = 0$, f polynome à coefficients dans K'.

Envisageons tous les homomorphismes σ de K dans les corps respectifs K^σ ainsi définis : aux variables indépendantes $u_1, \ldots, u_n$, nous associons les éléments arbitraires de k : $u_1^\sigma, \ldots, u_n^\sigma$; au polynome $f(z)$, nous associons le polynome $f^\sigma(z)$ dont les coefficients se déduisent de ceux de f par application de σ ; enfin à α, nous associons α^σ, racine choisie arbitrairement de $f^\sigma(z) = 0$. A tout élément a de K correspond l'élément a^σ de $K^\sigma = K(a^\sigma)$. Cet élément est une spécialisation ([3]) de a. En outre, si Γ est une courbe algébrique, d'équation $F(xy) = 0$ à coefficients dans K, nous appellerons Γ^σ la courbe d'équation $F^\sigma(x, y) = 0$.

Théorème. — *Si la courbe Γ est de genre $p \geq 1$ et de rang fini r dans* K, *on peut choisir σ d'une infinité de manières de telle sorte que Γ^σ soit de rang $\geq r$ dans* K^σ.

La méthode de démonstration est analogue à celle que j'ai utilisée dans le cas particulier des faisceaux de cubiques et permet de se ramener au théorème suivant, qui généralise celui du paragraphe 2 de ma précédente Note.

Si $\Phi(z)$ est un polynome à coefficients dans K, *sans facteur linéaire dans* K, *on peut choisir σ d'une infinité de manières de telle sorte que $\Phi^\sigma(z)$ n'ait aucun facteur linéaire dans* K.

Applications. — Soit k algébrique fini, $K = k(u)$, u variable indépendante unique.

a. Soit un faisceau de cubiques $F(xyu) = 0$, F linéaire en u. Cette équation

---

([2]) Voir par exemple Poincaré, *Journal de Liouville*, 5e série, 7, 1901.

([3]) Terminologie de Weil, *Foundations of algebraic geometry* (*Ann. Math. Soc. Colloq.*, 29. New-York, 1946.

définit une courbe Γ dans K, et l'on peut montrer que Γ est de rang 8 dans K si aucune des cubiques Γ^σ du faisceau n'est réductible. Donc, s'il en est ainsi, il existe des cubiques Γ^σ de rang $\geqq 8$ dans k.

b. Il est possible de trouver dans K des cubiques Γ de rang fini $\geqq 10$, donc il existe aussi dans k des cubiques Γ de rang $\geqq 10$.

c. Un faisceau quelconque de courbes algébriques : $F(xyu)=0$, F linéaire en u, définit une courbe Γ de genre p dans K. On peut choisir le faisceau de de telle sorte que Γ soit de rang fini $\geqq 3p+5$ dans K, et par suite, il existe dans k des courbes de genre p et de rang $\geqq 3p+5$.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur deux classes de permutations* (1). Note (*) de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Émile Borel.

Considérons les permutations des nombres $1, 2, \ldots, n$ définies par les formules

$$(P_n)\quad \begin{cases} a. & y=2x-1 & (2x\leqq n+1),\\ b. & y=2(n-x+1) & (2x>n+1),\end{cases}$$

$$(Q_n)\quad 2n-y=2^k(n-x)+2^{k-1}\qquad (k=1,2,\ldots).$$

Compte tenu des limites imposées à x et y, si l'un de ces entiers est donné, la formule (Q_n) définit à la fois l'autre et l'entier auxiliaire k, que nous appellerons l'*indice* de x. Pour Q_n, le *type* d'un cycle d'ordre σ est défini par la suite des indices de ses éléments; leur somme s est l'*indice total*. Pour P_n, le *type* est défini par la succession des σ opérations a ou b; sa *parité* est celle du nombre β des opérations b. Le premier élément d'un cycle dont le type est connu est défini par des formules de la forme

$$(\text{pour } P_n)\qquad (2^\sigma-\varepsilon)(x-1)=\lambda(2n-1)\qquad [\varepsilon=(-1)^\beta],$$

$$(\text{pour } Q_n)\qquad (2^s-1)(x-1)=\lambda(2n-1).$$

1. *Études séparées de P_n et Q_n.* — Nous appellerons ensemble e, l'ensemble des n pour lesquels il existe un cycle de type donné; ce type sera dit *naissant* pour le premier élément n_0 de e.

Théorème 1. (commun à P_n et Q_n). — *Un ensemble e n'est jamais vide. Il est bien défini par la donnée de n_0; c'est l'ensemble des n tels que $2n_0-1$ divise $2n-1$. Quel que soit n_0, il existe au moins un type naissant pour cette valeur de n.*

Nous désignerons respectivement par $s=\psi(n)$ et $\sigma=\omega(n)$ les plus petits exposants tels que $2^s\equiv 1$, $2^\sigma\equiv\varepsilon=\pm 1$ (mod. $p=2n-1$). Les entiers n se répartissent en deux ensembles E_0 et E_1. Si $n\in E_0$, $\varepsilon=1$, $s=\sigma$; si $n\in E_1$, $\varepsilon=-1$, $s=2\sigma$.

(1) Suite à deux notes antérieures (*Comptes rendus*, 227, 1948, p. 422 et 578). Pouvant indiquer dans les limites d'une note l'essentiel de la théorie, nous avons cru bien faire de répéter quelques résultats déjà énoncés.

(*) Séance du 21 mars 1949.

THÉORÈME 2. — *Pour* P_n, *tous les cycles sont des cycles, primitifs ou non, du même ordre* $\sigma = \omega(n)$, *de types pairs si* $n \in E_0$, *et* (l'élément invariant 1 exclu) *impairs si* $n \in E_1$. *L'ordre de* P_n *est* $\omega(n)$. *Pour* Q_n, *tous les cycles sont des cycles, primitifs ou non, ayant le même indice total* $s = \psi(n)$. *Dans les deux cas, l'ensemble des éléments des cycles de types naissants est caractérisé par la condition que* $x - 1$ *soit premier avec* $2n - 1$; *ces cycles sont toujours primitifs* [c'est-à-dire qu'il n'y a pas besoin de les répéter plusieurs fois pour arriver à l'ordre $\omega(n)$ ou à l'indice total $\psi(n)$].

THÉORÈME 3. — *Pour* P_n, *pour* $n = 2^q + \delta$ ($\delta = 0$ ou 1), *tous les cycles sont des cycles, primitifs ou non, d'ordre* $q+1$, *et* (en exceptant l'élément 1 si $\delta = 1$), *leurs types ont la parité de* δ. *Pour* Q_n, *pour* $n = 2^q$, *tous les cycles sont des cycles, primitifs ou non, du même indice total* $q+1$. *Dans les deux cas, chaque type de cycle vérifiant les conditions indiquées est réalisé une fois et une seule.*

2. *Relations entre* P_n et Q_n.

THÉORÈME 4. — *En désignant par k l'indice de x, on a*

$$Q_n x = P_n^k x.$$

Si $k = 1$, P_n *est du type a. Si* $k > 1$, P_n^k *est du type* $ba^{k-2}b$.

Nous appellerons *séquence* toute suite d'éléments successivement déduits d'un premier élément pair x par la seule opération a. Si $2x > n+1$, la séquence se réduit à x.

THÉORÈME 5. — *Les séquences sont communes à* P_n *et* Q_n. *On obtient le cycle de* Q_n *qui contient un x donné en prenant de deux en deux les séquences du cycle de* P_n *qui contient x. Si le type de ce cycle est impair et d'ordre* σ, *on obtient ainsi un cycle unique de* Q_n, *d'indice total* 2σ. *Si ce type est pair, et d'ordre* σ, en exceptant $x = 1$, *le cycle considéré se décompose en deux cycles distincts de* Q_n *ayant l'un et l'autre l'indice total* σ.

Corollaire. — Si $n \in E_1$, la décomposition en cycles est la même pour P_n et Q_n, l'ordre des séquences à l'intérieur de chaque cycle (s'il y en a plusieurs) changeant seul. Si $n \in E_0$, le cycle $x = 1$ et des cycles non primitifs peuvent seuls être communs à P_n et Q_n, et tous les cycles de Q_n ont, si $n > 1$, un ordre inférieur à l'ordre $\omega(n)$ de P_n [mais l'ordre de Q_n est presque toujours $> \omega(n)$, et même en général $> n$].

THÉORIE DES GROUPES. — *Hypergroupes partiels.*

Note (*) de M. **ROBERT CROISOT**, présentée par M. Élie Cartan.

La notion d'hypergroupe partiel généralise celles d'hypergroupe ([1]) et de groupe partiel ([2]).

(*) Séance du 21 mars 1949.

([1]) J. KUNTZMANN, *Ann. Fac. Sc. de Toulouse*, 1939, p. 190 (référé : K).

([2]) R. CROIZOT, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 616.

Un *hypergroupe partiel* H est un système ([3]) associatif qui possède un sous-ensemble U d'éléments unités scalaires et est tel que chaque élément admette un élément inverse à droite unique et un élément inverse à gauche unique.

On déduit aisément de cette définition : U est non vide; tout élément $\varepsilon \in U$ est tel que $\varepsilon\varepsilon = \varepsilon$ (cette propriété n'est pas caractéristique comme dans les groupes partiels); tout élément $\alpha \in H$ admet un et un seul élément unité à droite, un et un seul élément unité à gauche; $\alpha\beta$ a un sens si et seulement si l'unité à droite de α coïncide avec l'unité à gauche de β; $(\alpha\beta)\gamma$ a un sens dès que $\alpha\beta$ et $\beta\gamma$ sont définis.

Exemples. — 1° Si l'opération est parfaite, on retrouve l'hypergroupe; si elle est uniforme, on retrouve le groupe partiel.

2° Soit S un sous-groupe partiel d'un groupe partiel $G = \{a, b, \ldots\}$. Les complexes SaS déterminent une partition de G. Comme on le voit aisément, ils peuvent être organisés en un hypergroupe partiel en posant

$$SaS.SbS \ni ScS \quad \text{si} \quad c \in SaSbS.$$

3° Soit G un groupe partiel et A un groupe d'automorphismes de G. Disons que deux éléments a et b de G sont conjugués s'il existe $\sigma \in A$ tel que $b = \sigma a$ Les classes $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{C}$, ... de conjugués peuvent être organisées en hypergroupe partiel en posant $\mathfrak{A}\mathfrak{C} \ni \mathfrak{M}$ s'il existe $m \in \mathfrak{M}$, $a \in \mathfrak{A}$, $c \in \mathfrak{C}$, tels que $m = ac$ (*cf.* K, p. 167 et 168).

Cas particulier. — Un hypergroupe partiel M est dit *inversable* si $\alpha\beta \ni \gamma$ implique $\alpha''\gamma \ni \beta$ et $\gamma\beta' \ni \alpha$ où α'' est l'inverse à gauche de α et β' l'inverse à droite de β.

Dans un hypergroupe partiel inversable, l'inverse est bilatère (on désignera par $\bar{\alpha}$ l'inverse de α) et les relations $\alpha\beta \ni \gamma$ et $\beta\bar{\alpha} \ni \bar{\gamma}$ sont équivalentes ([4]).

([3]) Ensemble $\{\alpha, \beta, \ldots\}$ dans lequel certains couples ordonnés d'éléments sont composables, leur produit étant alors un sous-ensemble non vide défini univoquement. Un élément ε est dit élément unité si $\varepsilon\alpha \ni \alpha$ pour tout α tel que $\varepsilon\alpha$ ait un sens, si $\beta\varepsilon \ni \beta$ pour tout β tel que $\beta\varepsilon$ ait un sens et si ε est composable au moins d'un côté avec au moins un élément. Un élément σ est dit scalaire si $\sigma\alpha$ et $\beta\sigma$ se réduisent à un seul élément lorsqu'ils sont définis. Un élément α' est dit inverse à droite de α si $\alpha\alpha' \ni \varepsilon$ avec $\varepsilon \in U$.

([4]) Voici, pour définir un hypergroupe partiel inversable M, un système de trois axiomes constitués par sept conditions indépendantes :

(I_d).

a. $(\alpha\beta)\gamma$ a un sens dès que $\alpha(\beta\gamma)$ a un sens.

b. Si $(\alpha\beta)\gamma$ et $\alpha(\beta\gamma)$ ont un sens, on a $(\alpha\beta)\gamma = \alpha(\beta\gamma)$.

(II_d). — M possède au moins un sous-ensemble U avec les propriétés :

a. Si $\alpha\varepsilon$ a un sens ($\alpha \in M$, $\varepsilon \in U$), $\alpha\varepsilon$ se compose d'un seul élément.

b. Si $\alpha\varepsilon$ a un sens ($\alpha \in M$, $\varepsilon \in U$), on a $\alpha\varepsilon \ni \alpha$.

c. Tout $\alpha \in M$ est composable avec au moins un $\varepsilon \in U$.

(III_d). — Pour tout $\alpha \in M$, il existe au moins un $\alpha \in M$ avec les propriétés :

Un hypergroupe partiel *inversable* est *normal* et *résoluble*. De plus, ces trois notions coïncident dans un hypergroupe partiel, comme il est facile de s'en assurer (*cf.* K, p. 165).

Les systèmes des exemples 2 et 3 appartiennent à ce type ([5]).

Nous désignons par M_1, M' ou M_2 des hypergroupes partiels inversables dans lesquels on a l'une des conditions supplémentaires :

(IV_1). Si $\varepsilon \in U$ et si $\varepsilon' \in U$, il existe au moins un élément $\alpha \in M_1$ tel que $\varepsilon\alpha$ et $\alpha\varepsilon'$ aient un sens.

(IV'). Si $\varepsilon \in U$, $\varepsilon' \in U$ et si $\varepsilon\alpha$ et $\alpha\varepsilon'$ ont un sens, il existe au moins un élément scalaire σ tel que $\varepsilon\sigma$ et $\sigma\varepsilon'$ aient un sens.

(IV_2). Si $\varepsilon \in U$ et si $\varepsilon' \in U$, il existe au moins un élément scalaire σ tel que $\varepsilon\sigma$ et $\sigma\varepsilon'$ aient un sens.

La structure des M' et des M_2 est particulièrement simple. On voit aisément que le produit d'un groupoïde de Brandt et d'un hypergroupe inversable est un M_2. La réciproque est vraie. Plus précisément, un M_2 est isomorphe au produit d'un groupoïde de Brandt d'ordre 1 et d'un hypergroupe inversable et la représentation est unique (à l'isomorphie près).

De même qu'un groupe partiel est la juxtaposition d'un nombre fini ou non de groupoïdes de Brandt (d'une seule manière), un M' est la jutaxposition d'un certain nombre de M_2 (d'une seule manière). On a le résultat analogue pour les M et les M_1.

THÉORIE DES GROUPES. — *Caractérisation des semi-groupes à un paramètre.* Note de M. **Dov Tamari**, présentée par M. Élie Cartan.

Théorème 1. — *Soit $\mathfrak{I}$ un* demi-groupe d'intervalle (*c'est-à-dire une application* $f(x, y) = x \circ y$ *univalente, associative et continue de* $I \times I$ *sur* I, *où*

$$I = (a_1, a_2) \ (-\infty \leq a_1 < a_2 \leq +\infty).$$

Alors les deux conditions suivantes sont équivalentes :

A. $x \circ y$ *est strictement croissant par rapport à chacune des variables ;*

---

a. Si $\overline{\alpha}\eta \ni \xi$, $\alpha\xi$ a un sens.

b. Si $\alpha\eta \ni \xi$ et si $\alpha\xi$ a un sens, on a $\alpha\xi \ni \eta$.

La démonstration, assez longue, paraîtra dans un autre recueil.

De ces axiomes, on déduit des systèmes de conditions indépendantes qui définissent les groupes partiels et les hypergroupes inversables, en tenant compte du fait que, dans le premier cas, l'opération est uniforme et, dans le second cas, parfaite.

([5]) On peut dans les exemples 2 et 3 remplacer le groupe partiel G par un hypergroupe partiel inversable M. Dans l'exemple 2, S est alors défini comme un sous-ensemble de M, fermé par rapport à l'opération, contenant U comme sous-ensemble et contenant l'inverse de chacun de ses éléments.

B. $\mathcal{I}$ *est un* semi-groupe d'intervalle (*c'est-à-dire avec les règles de simplification*).

Évidemment (A) → (B). (B) et la continuité impliquent la monotonie stricte dans x (resp. y) toujours dans le même sens quelle que soit la valeur de y (resp. x). L'associativité implique que le sens de la monotonie est le même pour les deux variables. (α) S'il existe un élément neutre $e \in \mathcal{I}$, $x \circ e$ est croissant et la preuve est complète; sinon, on a ou (β) $x < x \circ x$, ou bien (γ) $x > x \circ x$ quel que soit x et

$$(\beta) \Rightarrow (x, y < x \circ y \leq a_2) \Rightarrow (L_2), \qquad (\gamma) \Rightarrow (a_1 \leq x \circ y < x, y) \Rightarrow (L_1),$$

où

$$(L_i) \qquad \lim_{x=a_i} (x \circ y) = \lim_{y=a_i} (x \circ y) = \lim_{\substack{x=a_i \\ y=a_i}} (x \circ y) = a_i \qquad (i = 1, 2),$$

donc $x \circ y$ est croissant par rapport à chacune des variables.

Nous distingons six cas : (1) $e \in \mathcal{I}$ est à l'intérieur de I; (2) et (3) e est l'extrémité gauche (droite) de I; (4) ≡ (β); (5) ≡ (γ); finalement ajoutons (6), où l'espace du semi-groupe $\mathcal{C}$ est homéomorphe au cercle C. Comme il n'existe pas d'autres espaces connexes à un paramètre (localement euclidien de dimension 1) ces cas contiennent tous les cas connexes possibles.

Lemme 1. — *Dans le cas* (1) *les relations* (L_i) *subsistent sans restriction.*

Théorème 2. — *Si* $\mathcal{I}$ *possède un élément neutre à son intérieur, alors* $\mathcal{I}$ *est un groupe d'intervalles* [*donc isomorphe à* R^1 (¹)].

(L_2) subsiste dans les cas (2) et (4), (L_1) subsiste dans les cas (3) et (5), donc :

Lemme 2. — *Les semi-groupes* (2) *jusqu'à* (5) *sont réguliers d'un côté* (*et même des deux côtés : il existe un multiple commun par exemple à droite*).

Ainsi ces semi-groupes peuvent être plongés dans leurs groupes quotients Q($\mathcal{I}$) (par une construction algébrique uniquement déterminée), qui peuvent être topologisés d'une façon à devenir un groupe du type (1) contenant $\mathcal{I}$ comme un sous-semi-groupe topologique.

Théorème 3. — *Les semi-groupes* (2) *à* (5) *sont des sous-semi-groupes constitués par tous les éléments* x *d'un groupe* (1) *où* $x \geq e$ (*ou* $x > e$) *resp.* $x \leq e$ (*ou* $x < e$) *dans le cas* (2) *resp.* (3), $x \geq a_1 > e$ (*ou* $x > a_1 > e$) *resp.* $x \leq a_2 < e$) (*ou* $x < a_2 < e$) *dans le cas* (4) *resp.* (5).

Évidemment (4) est une partie de (2) et peut être représentée par $a_1 \circ \mathcal{I}(2) = \mathcal{I}(2) \circ a_1$, (5) est une partie de (3) représentée par $a_2 \circ \mathcal{I}(3) = \mathcal{I}(3) \circ a_2$.

Théorème 4. — *Bouts :* (1) *est essentiellement ouvert aux deux extrémités,* (2) *et* (4) *à leurs extrémités droites,* (3) *et* (5) *à leurs extrémités gauches. Aux extrémités oppposées* (2)-(5) *peuvent être également ouverts ou fermés.* (Pour simplifier nous supposerons une convention uniforme : fermé.)

(¹) É. Cartan, *Mém. Sci., Math.*, 42, 1930, p. 11.

THÉORÈME 5. — *Soient $\mathcal{J}$ et $\mathcal{K}$ du type* (i) *resp.* (k) ($2 \leq i$), $k \leq 5$). *Ils sont isomorphes et semblables si et seulement si $i = k$, isomorphes (sans être semblables) si et seulement si $i, k = 2$, 3 ou $i, k = 4$, 5 (et non semblables si $i \neq k$; dans ce cas l'ordre est interverti). Si $i, k = 4$, 5 il existe un seul isomorphisme $\mathcal{J} \simeq \mathcal{K}$ resp. l'automorphisme identique seulement (si $\mathcal{J} \equiv \mathcal{K}$); si $i, k = 2$, 3 les isomorphismes entre $\mathcal{J}$ et $\mathcal{K}$ sont déterminés par un couple arbitraire $x_0 \leftrightarrow y_0$ d'éléments correspondants distincts de l'élément neutre. Remarque analogue pour les automorphismes qui forment un groupe d'intervalles* (1).

Définition. — Dans le cas (6) nous disons que $z = f(x)$ est une fonction monotone si la variation de z conserve toujours le même sens lorsque x parcourt C dans un certain sens, elle est croissante si z et x varient dans le même sens, décroissant si le sens est contraire.

THÉORÈME 6. — *Si l'espace du semi-groupe $\mathcal{C}$ est homéomorphe au cercle* C, *alors* C *est un groupe* [*donc isomorphe au groupe* $\mathcal{T}^1$ (1)].

Si x et $z = g_{y_c}(x) = x \circ y_c$ (y considéré comme un paramètre constant) parcourent le même cercle en sens opposé, ils doivent nécessairement se rencontrer et l'on aurait un x_0 tel que $g_{y_c}(x_0) = x_0 \circ y_c = x_0$, c'est-à-dire l'élément arbitraire y_c serait neutre, ce qui est impossible. On a donc

THÉORÈME 7. — *La loi de composition de* $\mathcal{T}^1$ *est strictement croissante*.

Le théorème 1 vaut donc aussi si l'on remplace I par C :

THÉORÈME 1*. — *La loi de composition $x \circ y$ de tout semi-groupe connexe à un paramètre est strictement croissante.*

Les propriétés bien connues des groupes à un paramètre peuvent être utilisées, par exemple

COROLLAIRE. — *Les semi-groupes connexes à un paramètre sont commutatifs.*

THÉORÈME 8. — *La propriété des groupes finis d'ordre premier, à savoir d'être engendrés par n'importe lequel de ses éléments g, peut être généralisée entre autres pour les semi-groupes connexes à un paramètre, si l'on considère les* puissances g^ρ *comme les éléments engendrés par g ($g \neq e$), et si l'on pose les conventions suivantes :*

1° ρ *parcourt l'ensemble des nombres réels pour engendrer* (1) $= \mathcal{R}^1$;

2° $\rho \geq 0$ (*ou* $\rho > 0$) *pour* (2) *et* (3);

3° $\rho \geq \rho_0$ (*ou* $\rho > \rho_0$) *avec* $0 < \rho_0 \leq 1$ *pour* (4) *et* (5);

4° ρ (*mod* 1) *ou* $0 \leq \rho < 1$ *pour* (6) $= \mathcal{T}_1$.

L'engendrement est effectué en deux pas : 1° on considère d'abord les puissances rationnelles de g, puis 2° on passe à la fermeture.

Cette construction de puissances de g fournit aisément une fonction continue et croissante $\varphi(\rho)$ qui permet d'écrire l'opération du semi-groupe dans la forme $x \circ y = f(x, y) = \varphi\{\overset{-1}{\varphi}(x) + \overset{-1}{\varphi}(y)\}$. C'est la même fonction $\varphi(\rho)$ qui a été construite par M. J. Aczél (2).

---

(2) *Bull. Soc. math. France*, 76, 1948 (sous presse).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les opérateurs différentiels et la construction de la solution élémentaire des équations aux dérivées partielles polyhyperboliques dans le cas impair.* Note de M. **Jean Elianu**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Considérons l'équation aux dérivées partielles linéaires

$$(1) \qquad F^p u = 0, \qquad (F^2 = FF, \ldots, F^p = FF^{p-1}),$$

u étant la fonction inconnue supposée invariante et F l'opérateur différentiel linéaire du second ordre écrit sous forme invariantive

$$F = g^{\alpha\beta}\nabla_{\alpha\beta} + h^\alpha\nabla_\alpha + k., \qquad (\alpha, \beta = 1, \ldots, n;\ g^{\alpha\beta} = g^{\beta\alpha};\ |g^{\alpha\beta}| \neq 0),$$

où $g^{\alpha\beta}$ sont les composantes contrevariantes du tenseur fondamental d'un certain espace de Riemann, h^α les composantes contrevariantes d'un vecteur et k un invariant ([1]). Nous avons désigné par ∇ le symbole de la dérivation covariante dans le susdit espace, associé par M. Hadamard ([2]) à $Fu = 0$ et que nous rattacherons aussi à (1), en suivant certaines recherches de M. N. Théodoresco ([3]).

Avec l'hypothèse $|g^{\alpha\beta}| \neq 0$, l'opérateur F sera du type non parabolique et dans le cas hyperbolique nous dirons que l'équation (1) appartient au *type polyhyperbolique.* Nous supposerons aussi que $g^{\alpha\beta}$, h^α, k sont des fonctions holomorphes dans la région R où l'on étudie l'équation (1).

Soit (Ω) une famille d'opérateurs différentiels permutables, un opérateur quelconque Ω_j de (Ω) ayant l'expression

$$\Omega_j = 2\Delta(\cdot, \Gamma) - (M + 4j)., \qquad (M = F\Gamma - k\Gamma),$$

$\Delta(.,\Gamma)$ étant l'opérateur du premier ordre de Lamé-Beltrami, Γ le premier membre de l'équation du conoïde caractéristique de sommet $P(a^1, \ldots, a^n)$, et j un nombre rationnel. Si l'on considère, au lieu de (Ω), la famille plus vaste qui contient tous les opérateurs de la forme μE, $\nu\Omega_j$ (μ, ν étant des nombres rationnels quelconques, le premier pouvant être même zéro et E étant l'opérateur unité par rapport à la multiplication symbolique), on démontre que *le système* $(\mu E, \nu\Omega)$ *est un espace vectoriel à deux dimensions, construit sur le corps des nombres rationnels et la famille* (Ω) *est plongée dans cet espace vectoriel.* De même, à l'aide des opérateurs de base Ω_r et E, on arrive à la conclusion que l'*ensemble des produits symboliques* $\Omega_{j_1} \ldots \Omega_{j_s}$ *constitue un anneau euclidien* $A[\Omega_r]$.

---

(1) Nous utiliserons des indices grecs pour indiquer des tenseurs.

(2) *Le problème de Cauchy et les équations hyperboliques*, Paris, 1932.

(3) Par exemple, *Journ. de Math. pures et appl.*, 16, 1937, p. 329-343.

Dans le cas $n = 2m+1$, on cherche pour l'équation (1) une *solution élémentaire algébrique* de la forme $u = U\Gamma^q$, U étant régulière au sens de M. Hadamard dans R et $q = \text{const}$. En posant

$$E_{i,j} = \Omega_{j-i} \ldots \Omega_{j-2}\Omega_{j-1}, \qquad \Phi^k_{i,j} = \Sigma F^k \Omega_{j-i+k} \ldots \Omega_{j-2}\Omega_{j-1},$$

la somme Σ contenant tous les produits symboliques distincts qu'on peut construire avec les $i-k \geq 0$ opérateurs $\Omega_{j-1}, \Omega_{j-2}, \ldots, \Omega_{j-i+k}$ (i, j, k entiers) appliqués dans l'ordre décroissant des indices et l'opérateur F, ce dernier figurant k fois dans chaque produit symbolique, on trouve par la méthode de M. Hadamard

$$(2) \qquad U = U_0 + U_1\Gamma + \ldots + U_h\Gamma^h + \ldots,$$

U_0 vérifiant sur les bicaractéristiques l'équation du type de Fuchs

$$(3) \qquad E_{p,q}U = \left\{4s\frac{d}{ds} + [M + 4(q-p)].\right\} \ldots \left\{4s\frac{d}{ds} + [M + 4(q-1)].\right\} U = 0,$$

qui appartient à une classe d'équations différentielles étudiée par Floquet dans sa thèse ([1]). Les racines de l'équation déterminante de (3) étant

$$r_i = -\frac{n}{2} - q + i \qquad (i = 1, \ldots, p),$$

on prend $r_p = 0$ et $U_0 = 1$ pour $s = 0$, par suite

$$(4) \qquad U_0 = \exp.\left[-\int_0^s \frac{1}{s}\left(\frac{M}{4} + q - p\right) ds\right], \qquad \left(q = -\frac{n}{2} + p\right),$$

ce qui résulte aussi de la dernière propriété des opérateurs Ω. L'expression (4) sera prise comme valeur de U_0 dans toute la région R.

En général U_h, comme U_0, est une fonction holomorphe, qui vérifie une équation du type de Fuchs non homogène, à une seule intégrale holomorphe, et dont l'expression est

$$(5) \qquad U_h = -\frac{U_0}{4^p s^{p+h-1}} \int_0^s \ldots \int_0^s \frac{s^{h-1}}{U_0} \sum_{i=1}^{p} \frac{\Phi^i_{p,q+h-i} U_{h-i}}{(q+h)(q+h-1)\ldots(q+h-i+1)} ds \ldots ds,$$

où l'on doit intégrer p fois par rapport à s et avec la convention de prendre dans le second membre $U_{h-i} = 0$, si $i > h$.

Avec les variables normales de Riemann par rapport à P et par des majorations convenables qui conduisent à une équation linéaire aux différences finies de Poincaré, on prouve à l'aide d'un théorème de Perron et du critère de Cauchy-Hadamard, la convergence uniforme de la série (2), pour $|\Gamma|$ suffisamment petit. La solution élémentaire obtenue est bien déterminée : elle aura sur $\Gamma = 0$ une *singularité algébrique*, si $n > 2p$ et y sera *nulle*, si $n < 2p$.

([1]) *Sur la théorie des équations différentielles linéaires*. Paris, 1879. M. N. Théodoresco a obtenu aussi, dans l'article précité, une équation du type de Fuchs du second ordre pour déterminer U_0.

TOPOLOGIE. — *Sur les trajectoires fermées de certains champs de vecteurs.*
Note (*) de M. **Georges Reeb**, présentée par M. Élie Cartan.

On sait étudier ([1]), de façon simple, les solutions périodiques de l'équation $x'' + x = \mu f(x, x')$, où μ est un petit paramètre. L'objet de cette Note est d'appliquer à des systèmes différentiels plus complexes, les mêmes méthodes. Dans la suite nous faisons implicitement toutes les hypothèses de différentiabilité nécessaires à notre développement.

Considérons un champ de vecteurs E_μ défini sur une variété V_n, dépendant du paramètre positif μ; supposons que pour $\mu = 0$ le champ $E_{\mu=0} = E_0$ vérifie les conditions suivantes :

1° E_0 n'a pas de points singuliers;

2° les trajectoires du système différentiel $dx = E_0(x)\,dt$ (où $x \in V_n$, $t \in R^1$ et où $E(x)$ désigne le vecteur du champ E attaché au point x) sont les fibres d'une fibration de V_n en cercles S_1, la base de cet espace fibré étant la variété V_{n-1} et f désignant la projection canonique de V_n sur V_{n-1}. (La variété fibrée V_n n'admet pas nécessairement une section.)

A partir de E_μ nous pouvons construire un champ $\tilde{E}$ sur V_{n-1} par la relation ([2]).

$\tilde{E}(y) = \int_{S_y} f(E')\,dt$, où $y \in V_{n-1}$, S_y étant la fibre qui se projette sur y et E' le champ défini par

$$E'(x) = \left(\frac{\partial}{\partial\mu} E_\mu(x)\right)_{\mu=0}, \qquad x \in V_n.$$

Soit B_{n-1} un ouvert de V_{n-1} homéomorphe à une boule de R^{n-1}; dans ces conditions $f^{-1}(B_{n-1})$ est homéomorphe au produit topologique $B_{n-1} \times S_1$, dans lequel nous pouvons définir un système de coordonnées locales x et θ. Les trajectoires de E_μ admettent une représentation paramétrique de la forme $x = \mathcal{S}_\mu(\theta, x_0)$ où $\mathcal{S}_\mu(0, x_0) = x_0$, de plus pour $x_1 \in B_{n-1}$ il existe $\mu_1 > 0$ et un voisinage V_{x_1} de x_1 tel que, si $\mu < \mu_1$, la fonction $\mathcal{S}_\mu(\theta, x_0)$ soit définie pour $0 \leq \theta \leq 2\pi$ et $x_0 \in V_{x_1}$. On voit de suite que

Lemme I. — *La fonction $\overline{\mathcal{S}}(\mu, x_0)$ définie par $\overline{\mathcal{S}}(\mu, x_0) = \mathcal{S}_\mu(2\pi, x_0)$ vérifie la relation $((\partial/\partial\mu)\overline{\mathcal{S}}(\mu, x_0))_{\mu=0} = \tilde{E}(x_0)$.*

Il est naturel de poser :

Définition. — *La trajectoire $x = \mathcal{S}_\mu(\theta, x_0)$ est simplement fermée si $\overline{\mathcal{S}}(\mu, x_0) = x_0$. De plus si x_0 est un point fixe isolé de $\overline{\mathcal{S}}(\mu, x_0)$ (μ fixe) on affectera la trajectoire correspondante de l'indice de x_0.*

(*) Séance du 21 mars 1949.

([1]) *Cf.* S. Lefschetz, *Lectures on differential equations*, Princeton, 1946, p. 194-204.

([2]) On remarquera qu'une opération analogue est fréquemment utilisée dans les traités classiques (H. Poincaré) pour étudier les solutions voisines d'une solution périodique.

En effet cette définition exprime des propriétés topologiques de la trajectoire.

Soit $\mathcal{E}_{n-1}$ un simplexe à $n-1$ dimensions dans V_{n-1}, supposons que le champ $\tilde{E}$ ne s'annule en aucun point du bord $\dot{\mathcal{E}}_{n-1}$ de $\mathcal{E}_{n-1}$, et désignons par I la somme des indices des singularités de $\tilde{E}$ sur $\mathcal{E}_{n-1}$. Le lemme I entraîne :

THÉORÈME I. — *Si* $I \neq 0$, *il existe* $\mu_1 > 0$ *tel que pour* $\mu < \mu_1$ *l'ensemble* $f^{-1}(\mathcal{E}_{n-1})$ *contienne des trajectoires simplement fermées; d'autre part si les trajectoires simplement fermées de* $f^{-1}(\mathcal{E}_{n-1})$ *sont en nombre fini, la somme de leurs indices est* I (*y compris le cas* $I = 0$).

Ce dernier résultat entraîne à son tour :

THÉORÈME II. — *Si* $x \in \mathcal{E}_{n-1}$ *est un point singulier isolé de* $\tilde{E}$ *d'indice non nul, alors à tout voisinage* V_x *de* x *correspond* $\overline{\mu} > 0$ *tel que* $f^{-1}(V_x)$ *contienne au moins une trajectoire fermée de* E_μ (*où* $\mu < \overline{\mu}$).

Faisons l'hypothèse suivante : V_n est compacte, et de plus $\tilde{E}$ a un nombre fini de singularités, ou plus généralement les singularités de $\tilde{E}$ sont points internes des simplexes à $n-1$ dimensions d'une subdivision simplitiale de V_{n-1}. Alors nous pouvons énoncer :

THÉORÈME III. — *Avec l'hypothèse précédente* ([3]) *il existe* $\mu_1 > 0$ *tel que si le champ* E_μ (*pour* $\mu < \mu_1$) *admet un nombre fini de trajectoires simplement fermées, la somme de leurs indices est égale à* $\chi(V_{n-1})$ (*où* $\chi(V_{n-1})$ *est la caractéristique d'Euler-Poincaré de* V_{n-1}). *De plus si* $\chi(V_{n-1}) \neq 0$ *le champ* E_μ *où* ($\mu < \mu_1$) *admet des trajectoires simplement fermées* ([4]).

Dans une autre Note nous nous proposons d'appliquer ces idées à des problèmes de dynamique (systèmes conservatifs).

GÉOMÉTRIE. — *La géométrie projective plane en mathématique intuitioniste sans négation.* Note de Mlle **NICOLE DEQUOY**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Dans la mathématique intuitioniste sans négation envisagée par M. Griss ([1]), on peut construire une géométrie projective. Les règles logiques utilisées sont plus faibles que celles posées par M. Heyting ([2]) puisqu'il ne

---

([3]) Dans un travail qui n'est pas encore publié, M. Seifert peut formuler, dans le cas où $n = 3$, un résultat beaucoup plus général : les conclusions du théorème III ci-dessus sont valables pourvu que le champ E_μ soit assez voisin (au sens usuel) du champ E_0.

([4]) Les résultats de cette Note restent valables si l'on admet des fibres singulières (au sens de M. Seifert).

Remarquons aussi que dans le cas où l'ensemble des singularités de $\tilde{E}$ ne satisfait pas aux hypothèses du théorème III, on a cependant, par le lemme I, des renseignements sur le comportement des trajectoires de E_μ.

([1]) *Proc. Neder. Akad. v. Wet. Proceed.*, 53, 1944, p. 261, et 49, 1946, p. 1127.

([2]) *S. B. preuss. Akad. Wiss.*, 1930, p. 57-71 et 158-169; *Math. Annalen*, 98, 1928, p. 491-538

figure pas de négation; en outre, seules les suppositions réalisables sont permises, d'où logique de complémentarité et signification particulière du *ou* noté $\vee$.

La théorie du nombre réel et des espèces de nombres réels étant établie (une espèce est définie par une propriété de l'élément générique; il n'y a pas alors d'espèce vide), on peut construire une géométrie analytique et poser des axiomes géométriques tels que cette géométrie les réalise.

Les notions fondamentales seront celles de *point* (considéré comme élément d'un ensemble), de *droite* (considérée comme espèce de points), *d'appartenance d'un point à une droite, d'écart de deux points*. L'écart ω est une relation entre points satisfaisant aux axiomes suivants, posés par M. Griss :

a. $A\omega B \to B\omega A$;

b. $A = B$ & $A\omega D \to B\omega D$ en posant $A = B =_d \forall X . B\omega X \to A\omega X$;

c. $A\omega B \to C\omega A \vee C\omega B$.

On démontre en utilisant les règles logiques posées par M[me] Destouches-Février ([3]) que la coïncidence entre points définie ci-dessus satisfait aux propriétés habituelles de l'égalité.

2. Étude de la géométrie projective plane :

Axiomes d'existence [les axiomes I, III, IV sont dus à M. Heyting ([2]), les autres ont été modifiés].

I. *Il existe deux points écartés.*

II. *Deux points écartés déterminent au moins une droite qui les contient.*

III. *En dehors d'une droite il existe un point.*

Définitions : $A \notin l =_d \forall X . X \in l \to A\omega X$. ($\notin$ se lit hors de, $\in$ appartient à).
$l \# m =_d \exists X . X \in l$ et $X \notin m$ ($\#$ se lit écarté de).

Conséquence : Il existe deux droites écartées.

IV. *Chaque droite contient au moins trois points, deux à deux écartés.* Sur la droite on peut donc appliquer la propriété $A\omega B \to C\omega A \vee C\omega B$.

V. *Deux droites écartées déterminent au moins un point qui appartient aux deux,*

Axiome de position. VI. *Axiome du triangle :* $B\omega C$ *et* A *en dehors d'une droite* BC, *alors* B *est situé en dehors de toute droite* AC.

On peut en déduire les théorèmes suivants :

1. $l \# m \to m \# l$.

2. *Sur une droite est valable* $\forall X . R\omega X \to P\omega X : \to : P = R$.

3. S *étant un point commun à deux droites écartées* l *et* m, *tout point* P *de* l *écarté de* S *est situé en dehors de* m.

4. *Deux droites écartées déterminent un point* S *et tout point commun à ces droites coïncide avec* S.

([3]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 38-39.

5. *Deux points écartés déterminent une droite l et toute droite contenant ces deux points est identique à l.*

Pour la démonstration on utilise la définition de l'identité de deux espèces.

6. *$l \# p$ et S leur point commun et T un point quelconque écarté de S, alors T est situé en dehors de l ou de p.*

7. P *écarté de tout point en dehors de l appartient à l.*

8. *Pour les droites est valable la propriété : $\forall m . p \# m \rightarrow l \# m : \rightarrow : l = p$.*

9. $l \# m \rightarrow n \# l \vee n \# m$.

Ces théorèmes mettent en évidence la dualité entre points et droites et l'on vérifie facilement qu'elle existe pour les axiomes III, IV, VI, les seuls qui restaient à considérer.

VII. *Axiome de Desargues : si deux triangles ayant leurs éléments homologues écartés sont tels que les droites qui joignent les sommets homologues sont concourantes, les points d'intersection des côtés homologues sont alignés.* Propriété qui doit être posée comme axiome, d'après les travaux de Hilbert [4].

La réciproque : *si deux triangles ayant leurs éléments homologues deux à deux écartés sont tels que les points d'intersection des côtés homologues sont alignés, les droites joignant les sommets homologues sont concourantes* peut alors être démontrée, car les hypothèses faites permettent dans tous les cas de trouver deux triangles satisfaisant aux conditions d'application de l'axiome de Desargues, et par suite d'établir la propriété demandée. (Inversement si l'on admet cette réciproque comme axiome, on démontre la propriété directe.)

ÉLASTICITÉ. — *Influence d'un couple sur les contraintes élastiques dans un contact à deux dimensions.* Note de M. **Albert Kammerer**, présentée par M. Henri Beghin.

L'un des systèmes d'isostatiques (traits pleins) est formé de droites dont l'inclinaison varie depuis le centre O du contact (OO_2) jusqu'aux extrémités A, B (AA_2, BB_2), (*fig.* 1 *a*). Les isostatiques de l'une des pièces sont les symétriques par rapport à AB et à O des isostatiques de l'autre pièce; il en est de même pour les isochromes (traits allongés) représentant la différence des tensions principales dont le maximum se produit en C_1 (ou C_2).

Si les points m de AB étaient des points ordinaires, il existerait, sur chaque élément du contact en m, une contrainte tangentielle t, ayant même direction dans l'un et l'autre corps; comme elles doivent être égales et de sens opposés, $t = 0$ (l'hypothèse de Hertz est vérifiée); le long du contact, la différence des tensions principales est nulle [1] (tous les points sont singuliers).

---

[4] *Ann. Éc. Norm.*, 17, 1900, p. 162-166.

[1] La vérification expérimentale de ce point est délicate, car cette différence augmente très rapidement lorsqu'on s'éloigne du contact, de O vers C_1 par exemple, il n'est pas possible de voir si elle s'annule en O.

Cas du couple moteur s'exerçant juste avant le démarrage (*fig.* 2). — *a*. Les isochromes changent de forme, le maximum de la différence des tensions principales conservant sensiblement la même valeur; *b*. L'orientation des isostatiques change; dans le disque, l'isostatique orthogonale vient immédiatement

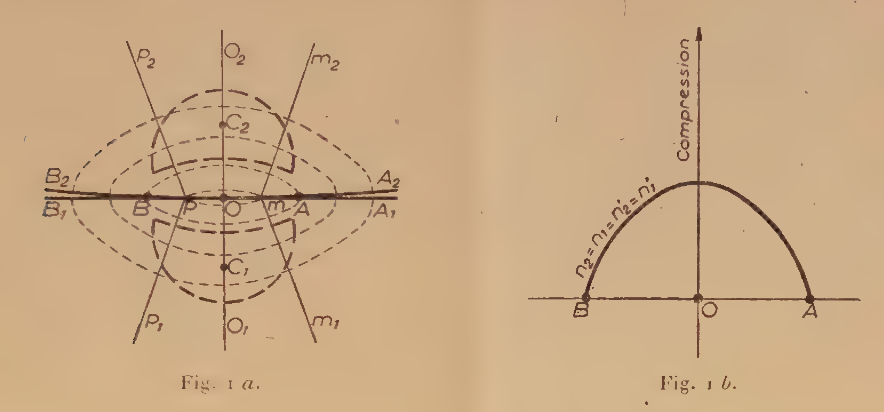


Fig. 1 *a*. Fig. 1 *b*.

en BB_2, l'isostatique passant par O est oblique; celle appartenant au même système et passant par $A(AA_2)$ ne change pas; *c*. L'ensemble des isostatiques et des isochromes du disque sont les symétriques des courbes correspondantes du rail par rapport à O; la symétrie par rapport à AB a disparu.

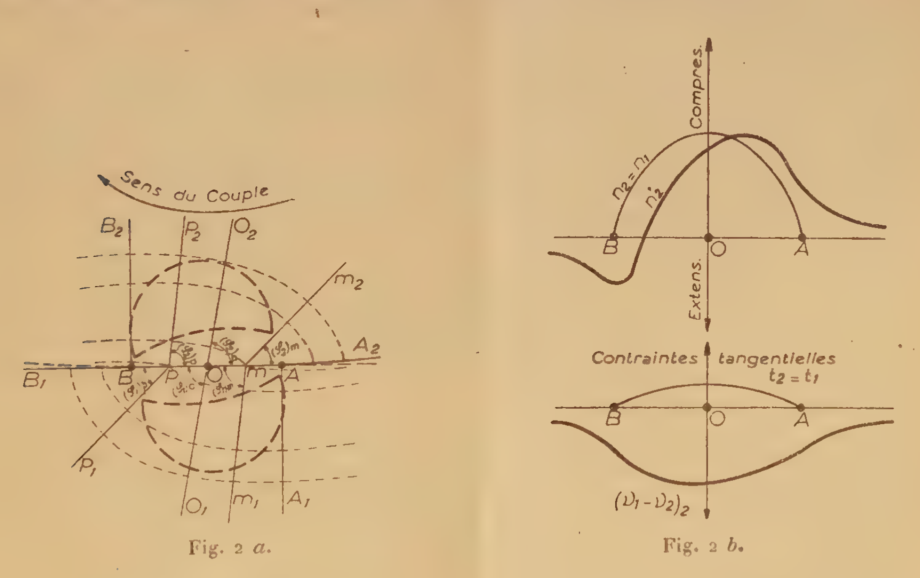


Fig. 2 *a*. Fig. 2 *b*.

En *m*, la différence des tensions principales n'a pas la même valeur dans le disque et dans le rail; les points de contact n'étant plus singuliers, la contrainte sur un élément du contact en *m* est oblique; il existe une contrainte tangentielle dirigée vers la droite dans le disque et vers la gauche dans le rail, leurs valeurs absolues étant égales. La différence des tensions principales est, dans

le disque, sur OA, inférieure à celle du rail aux mêmes points; l'inverse se produit le long de BO. Or

1° dans le disque :

$$t_2 = \frac{\sin^2\varphi_2}{2}(\nu_1 - \nu_2)_2 \qquad n_2 = (\nu_1)_2 \sin^2\varphi_2 + (\nu_2)_2 \cos^2\varphi_2;$$

2° dans le rail :

$$t_1 = \frac{\sin^2\varphi_1}{2}(\nu_1 - \nu_2)_1 \qquad n_1 = (\nu_1)_1 \sin^2\varphi_1 + (\nu_2)_1 \cos^2\varphi_1,$$

$(\nu_1)_1$ et $(\nu_1)_2$ étant dirigées suivant les isostatiques en traits pleins, $\nu_1 - \nu_2$ est toujours négatif (correspond à une compression); $\sin 2\varphi_1$ et $\sin 2\varphi_2$ sont positifs, il faut donc avoir : $\sin 2\varphi_1 (\nu_1 - \nu_2)_1 = \sin 2\varphi_2 (\nu_1 - \nu_2)_2$. En m sur le segment OA, $(\nu_1 - \nu_2)_1$ étant supérieur à $(\nu_1 - \nu_2)_2$, $(\varphi_1)_m$ doit être supérieur à $(\varphi_2)_m$ et à $\pi/2 - (\varphi_2)_m$ sauf en O où $(\varphi_1)_0 = (\varphi_2)_0$, la différence des tensions principales ayant même valeur dans les deux pièces (symétrie par rapport à O). On a de même $n_1 = n_2$ en tout point m; par suite, les courbes $n_1 = n_2$ et $t_1 = t_2$ sont symétriques par rapport à O. D'autre part, puisque $(\varphi_2)_p = (\varphi_1)_m$, $(\varphi_2)_p$ est différent de $(\varphi_2)_m$ et de $\pi/2 - (\varphi_2)_m$.

Sur les figures 1*b* et 2*b* sont représentées les courbes : *a*. des contraintes normale $(n_1 = n_2)$ et tangentielle $(t_1 - t_2)$; *b*. de la contrainte normale n'_2 parallèle au contact dans le disque; *c*. de la différence des tensions principales $(\nu_1 - \nu_2)_2$ dans le disque.

n'_2 n'est pas symétrique par rapport à O : à l'extérieur de B, dans le disque, n' est une traction, la région située au delà de A étant comprimée. On observe l'inverse dans le rail; ce phénomène connu explique le pseudo-glissement produit par la superposition des régions comprimées de la roue et des régions tendues du rail (ou inversement).

Remarque. — Si l'on avait $(\varphi_2)_p = (\varphi_2)_m$ ou $\pi/2 - (\varphi_2)_m$, n_2 et t_2 étant symétriques par rapport à O, il faudrait qu'il en soit de même de $\nu_1 - \nu_2$ et, par suite, de n'_2 [relations (1) et (2); on aurait même $n_2 = n'_2$], ce qui exclurait l'existence de la compression et de la traction des régions du disque et du rail extérieures au contact.

ASTROPHYSIQUE. — *Influence de la courbure de l'atmosphère solaire sur l'intensité d'une radiation monochromatique au voisinage du bord du disque.* Note (*) de M. **Paul Proisy**, présentée par M. André Danjon.

1. Depuis que l'on sait mesurer le rayonnement solaire du bord extrême du disque, par la méthode de Julius ([1]) ou de Lindblad ([2]), ou par des mesures

(*) Séance du 21 mars 1949.

([1]) W. H. Julius, *Astrophysical Journal*, 23, 1906, p. 312; 37, 1913, p. 225.

([2]) *Voir* R. Wildt, *Ibid.*, 108, 1947, p. 83.

directes sur des clichés pris avec des filtres colorés par Minnaert (3), la connaissance de l'influence de la courbure des couches de l'atmosphère solaire et de la réfraction des rayons lumineux dans cette atmosphère est devenue nécessaire pour interpréter les résultats.

Unsöld (4) estime la distance d du centre à laquelle la courbure des couches se fait sentir à 0,9998 rayon solaire ($\cos\theta_0 = 0,02$). Le calcul permet de préciser cette influence, on en trouvera ici le principe, ainsi que les résultats auxquels ils conduisent pour la radiation $0^{\mu},5$.

2. L'intensité d'une radiation λ à la surface d'une étoile est représentée, en fonction de l'angle θ sous lequel le rayon lumineux traverse les différentes couches de profondeurs optiques τ_λ de l'atmosphère stellaire, du rapport J des coefficients d'émission et d'absorption en chaque point du rayon lumineux, et de l'intensité I_0 au centre du disque stellaire, par la relation

$$\frac{I(\theta_0)}{I_0} = \int_0^{\infty} \left(\frac{J}{I_0}\right) \sec\theta \exp\left(-\int_0^{\tau} \sec\theta \, d\tau\right) d\tau. \tag{1}$$

Dans une atmosphère plane, θ reste égal à sa valeur θ_0 à la surface, et l'on a

$$\frac{I(\theta_0)}{I_0} = \sec\theta_0 \int_0^{\infty} \left(\frac{J}{I_0}\right) \exp(-\tau \sec\theta_0) \, d\tau. \tag{2}$$

Lorsque l'atmosphère est formée de couches sphériques concentriques uniformes, la loi d'assombrissement à la surface de l'étoile est un polynome de degré n en $\cos\theta$, avec des termes supplémentaires dont j'ai indiqué les expressions (5). Dans le cas du Soleil, un polynome du 2e degré représente les meilleures mesures faites de l'assombrissement (6), l'influence des termes supplémentaires dans ce cas est, en effet, juste égale aux erreurs de mesures. Enfin, on sait (7) que si I/I_0 est représenté par $\Sigma A_n \cos^n\theta$, la fonction J, supposée indépendante de θ, a pour expression

$$J(\tau) = \left(\frac{J_0}{A_0}\right) \sum \left(\frac{A_n}{n!}\right) \tau^n. \tag{3}$$

3. La courbure de l'atmosphère tend à faire croître $\sec\theta$ avec τ; l'équation (1) montre qu'alors la contribution au rayonnement des couches externes se trouve accrue, les variations relatives de $\sec\theta$ étant plus fortes que celles

---

(3) M. Minnaert, *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* (sous presse). Ce renseignement ainsi que l'exposé de la méthode et de ses résultats m'ont été donnés par leur auteur.

(4) A. Unsöld, *Annalen der Physik*, 3, 1948, p. 124.

(5) P. Proisy, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1479.

(6) D. Chalonge et V. Kourganoff, *Annales d'Astrophysique*, 9, 1946, p. 69.

(7) R. Lundblad, *Astrophysical Journal*, 58, 1923, p. 113.

de $\exp\left(-\int_0^{\tau}\sec\theta\,d\tau\right)$ lorsque τ est voisin de o ; au contraire celle des couches internes se trouve diminuée.

L'influence de cette courbure a été déterminée pour la radiation de $0^{\mu},5$ à l'aide des équations (1), (2) et (3); les variations de $\sec\theta$ avec τ dans l'atmosphère sphérique se déduisant de celles de la profondeur géométrique des couches en fonction de leur profondeur optique moyenne $\bar{\tau}$, que j'ai indiquées récemment [8].

L'augmentation de l'intensité dans les couches externes et la diminution dans les couches internes atteignent 0,1 à 0,2 % de l'intensité émergente I à la distance du centre $d = 0,95$; leur somme négative reste toutefois négligeable. Au delà de 0,95 les variations croissent et atteignent 1 à 2 % pour $d = 0,998$, 3 à 4 % pour $d = 0,9995$, 10 % enfin au point extrême considéré ($d = 0,9998_3$).

La somme de ces deux variations reste faible et négative jusque $d = 0,9996$; elle est de l'ordre de 0,001 (soit 0,3 % de I) entre $d = 0,99$ et $d = 0,9995$; près du bord extrême, elle devient positive et atteint 0,0035 et 0,009 pour $d = 0,9997_3$ et $0,9998_3$ (1 et 3 % de I environ).

La principale source d'erreur provient de l'indétermination de l'épaisseur des couches superficielles ($\bar{\tau} = 0$ à $\bar{\tau} = 0,01$); les calculs ont été faits avec les variations de $\sec\theta$ que l'on obtient en extrapolant ses variations dans les couches plus profondes, et avec les variations extrêmes admissibles, qui correspondent à des valeurs maximum et minimum possibles de l'épaisseur des couches superficielles.

Le tableau ci-dessous fait connaître les résultats obtenus :

Variation de (I/I_0) 0,5 μ *avec la distance d au centre du disque solaire, lorsqu'on passe des couches planes aux couches sphériques, dans le cas où l'on adopte la valeur maximum* h_M *et minimum* h_m *de l'épaisseur des couches superficielles, ou la valeur h correspondant à l'extrapolation des variations de* $\sec\theta$ *avec* τ.

d	=0,998.	0,999.	0,9995.	$0,9997_3$.	$0,9998_3$.
h_M	−0,0005	−0,0004	−0,0001	+0,0075	+0,025
h	−0,0008	−0,0020	−0,0012	+0,0035	+0,009
h_m	−0,0014	−0,0027	−0,0026	+0,0002	+0,003

CHRONOMÉTRIE. — *Système d'entretien à plusieurs pendules conjugués.* Note (*) de M. **Raymond Chaléat**, présentée par M. Jules Haag.

1. Le dispositif de couplage étudié précédemment [1], dont le mécanisme d'entretien à coup perdu est difficile à réaliser autrement qu'à l'aide d'une roue

(8) P. Proisy, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 739.
(*) Séance du 21 mars 1949.
(1) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 538.

à rochet et d'un sautoir, rend le système tributaire de toutes les irrégularités inévitables de taillage de cette roue. On peut songer alors à des contacts, réalisés comme ceux du dispositif de distribution de certaines horloges mères, qui se ferment à chaque passage à la verticale dans les deux sens. Nous imaginons, donc, n pendules P_i de pulsation propre ω_i formant une chaîne; le pendule P_i recevant son impulsion de restitution chaque fois que le précédent P_{i-1} se trouve dans l'angle défini par $-\beta_{i-1} \leq \theta_{i-1} \leq \beta_{i-1}$.

2. Nous admettrons que chaque P_i est soumis à un couple électromagnétique $\Gamma_i = A_i(k_i - \lambda\theta'_i)$, ($\lambda$ étant un facteur arbitraire dont nous disposerons suivant les propriétés des pendules utilisés); et à un amortissement purement *visqueux* de décrément πa_i. Le système prend en régime synchronisé une pulsation ω reliée à chaque ω_i par $\omega_i^2 = \omega^2(1 + \varepsilon_i)$. Le mouvement de P_i est régi par $\theta''_i + \omega_i^2\theta_i = \omega_i^2\Gamma_i - \omega_i a_i \theta'_i = Q_i$; la méthode générale [2] conduit aux équations de synchronisation

$$2\pi\omega^2\varepsilon_i y_i = \int_0^{2\pi} Q_i \cos\varphi_i \, d\varphi,$$

où $\varphi_i = \omega t + x_i$ (x_i représentant le déphasage de P_i),

$$\int_0^{2\pi} Q_i \sin\varphi_i \, d\varphi = 0.$$

3. Dans le cas particulier envisagé, ces équations s'écrivent en supposant un contact bref lors du passage à la position d'équilibre (intéressant pour le rendement électrique),

$$(1) \qquad \begin{cases} \pi\varepsilon_i y_i y_{i-1} = -2A_i\omega y_i \beta_{i-1} \sin 2(x_i - x_{i-1}), \\ \pi a_i y_i y_{i-1} = -4A_i\omega y_i \beta_{i-1} \cos^2(x_i - x_{i-1}). \end{cases}$$

La dernière équation implique que l'on ait : $A_i < 0$. Les deux équations (1) admettent la racine évidente $y_i = 0$ (amplitude nulle), solution à rejeter, de plus la théorie utilisée ne s'applique pas dans ce cas. Ces équations sont *indépendantes* des k_i, c'est-à-dire *de la tension des sources* utilisées, ce qui pratiquement est intéressant. De (1) on déduit le déphasage par

$$\operatorname{tg}(x_i - x_{i-1}) = \frac{\varepsilon_i}{a_i} \quad (2),$$

qui, jointe à $\Sigma(x_i - x_{i-1}) = 0$, se traduit par $S_1 - S_3 + S_5 - S_7 \ldots = 0$ (3), où S_p désigne la somme des produits p à p des ε_i/a_i. L'équation (3) est de degré $n - 1$ en ω^2, ce qui prouve qu'il y a $n - 1$ *points de synchronisation possibles*. On déduit alors de (1) l'amplitude par $\pi\sqrt{\varepsilon_i^2 + a_i^2}\, y_{i-1} = 4|A_i\omega\beta_{i-1}a_i|$.

L'équation de stabilité s'obtient en annulant le déterminant du système

---

[2] J. HAAG, *Annales de l'École Normale*, (3), 64, fasc. 4, 1948.

des $2n$ équations aux $2n$ inconnues ξ_i et η_i

$$\rho\xi_i = \varepsilon_i\eta_{i-1} + \frac{H_i(\xi_i - \xi_{i-1})}{y_{i-1}},$$

où

$$\rho\eta_i = -a_i\eta_{i-1} - 2\varepsilon_i(\xi_i - \xi_{i-1}),$$
$$\pi(a_i^2 + \varepsilon_i^2)H_i = 4A_i\omega\beta_{i-1}(a_i^2 - \varepsilon_i^2),$$

dont on écartera la racine évidente $\rho = 0$.

4. *Cas de deux pendules.* — L'équation (3) se réduit immédiatement à $S_1 = 0$ et donne pour la pulsation du seul régime synchronisé possible $(a_1 + a_2)\omega^2 = a_1\omega_2^2 + a_2\omega_1^2$; le déphasage relatif est donné par

$$\operatorname{tg}(x_1 - x_2) = \frac{(\omega_1^2 - \omega_2^2)}{(a_1 - a_2)},$$

il s'annule lorsque les deux pendules ont même pulsation propre.

L'équation de stabilité est obtenue en développant le déterminant

$$\begin{vmatrix} \rho & \dfrac{H_1}{y_2} & 0 & -\varepsilon_1 \\ \rho & \rho - \dfrac{H_2}{y_1} & -\varepsilon_2 & 0 \\ 0 & -2\varepsilon_1 & \rho & a_1 \\ 0 & +2\varepsilon_2 & a_2 & \rho \end{vmatrix} = 0,$$

et se met sous la forme

$$\rho^3 + M\rho^2 + N\rho + P = 0 \quad \text{avec} \quad \pi(a_1^2 + \varepsilon_1^2)M = -4\omega(a_1^2 - \varepsilon_1^2)\left(A_1\frac{\beta_2}{y_2} + A_2\frac{\beta_1}{y_1}\right),$$
$$N = a_2\frac{(\varepsilon_1^2 - 4a_1^2)}{a_1}, \qquad P = -a_1a_2M - \varepsilon_1^2\frac{(a_1 + a_2)a_2}{a_1}.$$

Pour que la stabilité soit assurée, il faut en particulier que M soit positif, mais P est alors négatif. Toutes les conditions de stabilité ne sont pas satisfaites et le *dispositif de couplage envisagé est instable*.

5. Nous avons réalisé expérimentalement le couplage de deux pendules identiques battant la demi-seconde et nous avons constaté qu'en aucun cas, quelles que soient les conditions initiales, il n'existe de régime stable. Celui-ci est troublé par des battements d'amplitude; à l'inverse des pendules indépendants, *il n'y a pas d'auto-stabilisation de l'amplitude*. Il existe d'ailleurs *deux régimes d'entretien possibles*. Le premier, obtenu lorsque les connexions sont telles que la condition $A_i < 0$ soit réalisée, est caractérisé par des battements d'amplitude dont la profondeur atteint 1/10[e] de l'amplitude totale, et dont la période est voisine de 30 secondes. Pour le second, obtenu en inversant les connexions, chacun des deux pendules prend instantanément une forte amplitude pour la perdre lors de la demi-oscillation suivante, il reprend pendant celle qui succède une grande amplitude et ainsi de suite, ce régime se poursuivant indéfiniment aussi longue que soit la durée d'observation.

CHALEUR. — *Sur la fusion de l'alumine au four solaire.* Note de MM. **Félix Trombe, Marc Foëx** et Mlle **Charlotte Henry La Blanchetais**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'alumine, en cristaux de dimensions 0,03 à 0^{mm},7, se présente comme un corps blanc, opaque au rayonnement solaire, mais réfléchissant une grande partie de ce rayonnement.

La poudre d'alumine précédente, agglomérée avec une faible proportion d'alumine colloïdale, puis comprimée et séchée, donne une masse poreuse solide dont la fusion, au foyer d'un four solaire d'une puissance de l'ordre de 2 kW s'effectue lentement et s'accompagne d'une abondante volatilisation, à raison de 2,5 g/min.

Les résultats sont tout différents lorsqu'on soumet à l'action du rayonnement solaire, au niveau du foyer de l'appareil, les mêmes cristaux d'alumine sous forme de poudre séchée, non comprimée, qui possède une densité apparente de l'ordre de 1, alors que la densité des cristaux (corindon) est égale à 4.

Dès les premières secondes de l'action du rayonnement, il se forme des petits globules fondus tournant très rapidement sur la poudre; ces globules ont tendance à se rassembler et à s'enfoncer profondément. Si l'on déplace, sur la surface de l'alumine, l'image solaire, on obtient un grand nombre de globules, ayant la dureté du corindon, de dimensions comprises entre 1^{mm} et 5 à 6^{mm}.

Lorsque la position de l'image reste fixe au niveau de la surface de la poudre, il se forme très vite une cavité dont le fond est occupé par une masse fondue. La cavité s'agrandit progressivement et l'on peut se rendre compte, par une série d'opérations effectuées pendant des temps croissants, que *la vitesse de fusion de l'alumine est beaucoup plus grande*, par ce processus, que lorsque le traitement est effectué en surface.

Des essais systématiques, prolongés pendant 20 minutes, nous ont montré que l'on pouvait obtenir ainsi la formation de cavités ayant une surface intérieure de plus de 50$^{cm^2}$, alors que la surface de l'image solaire est inférieure à 1$^{cm^2}$ et que celle de l'orifice d'accès du rayonnement ne dépasse pas 3$^{cm^2}$.

Nous avons obtenu ainsi la formation naturelle d'une cavité pratiquement isotherme, fonctionnant comme un corps noir et dont l'un de nous a souligné, dans une Note précédente ([1]) les avantages. En effet, l'énergie incidente est captée entièrement par la cavité qui rayonne elle-même, au point de fusion de l'alumine, une quantité d'énergie beaucoup plus faible que celle qu'elle reçoit.

Dans le chauffage de surface, au contraire, l'alumine, corps blanc à grand pouvoir réflecteur, réfléchissait plus d'énergie qu'elle n'en captait effectivement.

([1]) Trombe, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 986.

Les résultats de nos opérations montrent que la vitesse de fusion moyenne de l'alumine passe de 2,5 g/min. (chauffage de surface) à 8 g/min. Cette vitesse de fusion décroît lentement à mesure que la cavité et l'ouverture d'accès du rayonnement s'agrandissent.

Le bilan thermique de l'opération, dans les conditions optima (essai 4), ne peut être dressé complètement car nous n'avons pu connaître la chaleur de fusion de l'alumine. Elle paraît néanmoins très inférieure à la chaleur d'échauffement. Si l'on admet, pour l'alumine, une chaleur spécifique moyenne de 0,3 entre 20 et 2050°C., la chaleur d'échauffement, par gramme, représente 609 calories ou 0,71 watt-heure. Pour porter au seuil de fusion 8g d'alumine à la minute il faudra donc dépenser 340 watts.

Opérations.	Temps de traitement (sec).	Masse de produit fondu obtenue (g).	Diamètre final de l'orifice d'accès du rayonnement (cm).	Volume approximatif de la cavité formée (cm^3).	Vitesse moyenne de fusion (g/min).
1.........	15	0,6	–	–	2,4
2.........	30	2,8	1,1	5	5,6
3.........	60	7	1,5	7	7,0
4.........	120	16	1,5	15	8,0
5.........	190	21	1,4	18	6,6
6.........	300	28,5	1,8	–	5,7
7.........	630	51,5	1,9	25	4,9
8.........	1200	94	2,0	–	4,7

L'énergie perdue par le rayonnement de la cavité, assimilée à un corps noir, à 2050°C. serait, à raison de 166 W/cm², au maximum de 300 W. L'appareil ayant une puissance effective d'au moins 1500 W, plus de 800 W sont absorbés par la chaleur de fusion de l'alumine, probablement peu élevée, et les pertes par conductibilité dans la poudre. Ce sont ces pertes que l'on peut espérer réduire beaucoup dans les opérations futures.

Les masses d'alumine fondue présentent une densité de 3,2 environ, nettement inférieure à celle du cristal de corindon ($d = 4$). En effet, de nombreuses géodes se forment pendant la solidification qui doit, par conséquent, s'effectuer avec un retrait important.

ACOUSTIQUE. — *Sur les pressions sonores reçues par un observateur en mouvement relatif par rapport à une source ponctuelle en mouvement rectiligne uniforme à vitesse supersonique dans un fluide parfait.* Note de M. **Pierre Liénard**, présentée par M. Louis de Broglie.

1° On a donné dans une précédente Note ([1]) les expressions analytiques et les caractéristiques du champ sonore produit par une source à vitesse supersonique, par rapport à des axes attachés à cette source.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 910.

Nous voulons maintenant étudier les variations de pression observées en un point B mobile par rapport à la source O.

La valeur efficace de la pression totale est connue par la représentation du champ donnée dans la Note ci-dessus. Il reste à définir les fréquences observées.

Nous rapportons la figure de révolution obtenue pour le champ sonore de la source aux deux axes orthogonaux Ox, Oy, attachés à la source O, Ox étant l'axe de révolution.

2. En chaque point B : $x(t)$, $y(t)$, la pression sonore est la somme des deux termes

$$(1)\qquad \begin{cases} p_1 = \dfrac{a\omega}{c(\xi+\tau)}\, e^{i(\omega t-\xi-\tau)}, \\ p_2 = \dfrac{a\omega}{c(\xi-\tau)}\, e^{i(\omega t-\xi+\tau)}, \end{cases}$$

ω étant la pulsation émise, c la célérité du son dans le milieu, et ξ, τ, les coordonnées réduites, sans dimension

$$(2)\qquad \begin{cases} \xi = \dfrac{\omega}{c}\,\dfrac{1}{M^2-1}\,x, \\ \tau = \dfrac{\omega}{c}\,\dfrac{1}{M^2-1}\sqrt{x^2-(M^2-1)y^2}, \end{cases}$$

où $M = V/c > 1$ est le nombre de Mach-Sarrau de la source sonore de vitesse $-V$ suivant l'axe Ox.

ξ et τ étant maintenant fonctions du temps, nous définirons la pulsation d'une fonction de la forme $\sin\Omega$ par

$$\omega = \frac{d\Omega}{dt}.$$

En chaque point $B(x, y)$ intérieur au cône sonore, on entendra donc, en général, pour *chaque pulsation* ω émise par la source, *deux pulsations variables* avec le temps,

$$(3)\qquad \frac{\omega_1}{\omega} = 1 - \frac{d\xi}{dt} \pm \frac{d\tau}{dt}.$$

3. Il n'y aura qu'*une seule fréquence* perçue en B si $\tau = \text{const.}$, c'est-à-dire si B se déplace d'une manière quelconque sur une nappe d'hyperboloïde intérieure et asymptotique au cône sonore (à la limite, sur ce cône), comme le définit la deuxième équation (2). La valeur de cette fréquence dépend de $x(t)$; elle est constante si la projection de B sur l'axe Ox est en mouvement uniforme par rapport à O.

4. On percevra en B *deux fréquences constantes* si $d\xi/dt = \text{const.}$ et $d\tau/dt = \text{const.}$, c'est-à-dire si la trajectoire, rabattue sur un plan méridien, est l'une des coniques centrées en un point différent de O de la famille définie par

l'équation (2) et $\tau = \tau_0 + \beta t$, la projection de B sur Ox étant encore en mouvement uniforme. En particulier, cette conique se décompose en deux droites si elle est centrée en O, le mouvement de B se rabat alors suivant un mouvement rectiligne uniforme passant par O.

5. Si la trajectoire de B se rabat sur un plan méridien suivant une droite parcourue d'un mouvement uniforme et ne passant pas par O, la différence des deux fréquences perçues est infinie sur le bord du cône sonore (discontinuité) et nulle au milieu de la corde déterminée par le cône sur la droite.

6. Un cas particulier intéressant est celui où le point B parcourt l'axe ox à une vitesse uniforme u par rapport à O. En posant $u = c(M - M_1)$, M_1 est le nombre de Mach Sarrau du mobile B, qui reçoit, pour chaque pulsation ω émise par O, les pulsations constantes :

$$\omega_1 = \omega \frac{M_1 + 1}{M + 1} \quad \text{et} \quad \omega_2 = \omega \frac{M_1 - 1}{M - 1}. \tag{4}$$

On peut donc calculer M et M_1 si l'on mesure ω, ω_1 et ω_2. Si M_1 est connu, on peut éliminer ω et calculer M par la seule connaissance de la somme et de la différence des fréquences reçues.

Enfin, si la trajectoire de B est une droite parallèle à l'axe Ox, les deux fréquences reçues sont variables mais tendent rapidement (en décroissant) vers les valeurs limites correspondant au déplacement sur l'axe. Si B est un point fixe par rapport à l'espace absolu (vitesse V par rapport à O), les limites des pulsations reçues vérifient

$$M = \frac{\omega_2 + \omega_1}{\omega_2 - \omega_1}. \tag{5}$$

Du fait que la source O est de vitesse supersonique, le point B reçoit deux ondes distinctes, semblant venir de directions opposées tant que $M_1 < 1$, et dont les fréquences sont déformées par l'effet Doppler.

MAGNÉTISME. — *Sur le traînage magnétique des métaux massifs.* Note (*) de MM. **Israel Epelboin** et **André Marais**, présentée par M. Aimé Cotton.

On entend par traînage ou viscosité magnétique la différence entre les pertes réelles Pr et les pertes Po calculées en tenant compte de l'hystérésis et des courants de Foucault dans un matériau supposé homogène et de conductibilité σ_0 déterminée en courant continu.

Des mesures d'impédance d'une bobine à enroulements démontables [1] dont le noyau est progressivement dissous par polissage électrolytique permettent de déterminer la perméabilité μ_x de celui-ci en un point situé à une

(*) Séance du 14 mars 1949.

[1] I. Epelboin, *Onde électrique*, 28, 1948, p. 322 et 444.

distance z de son milieu. Ceci a permis de trouver, il y a un an ([2]), que la perméabilité des rubans ferromagnétiques usuels atteint un maximum μ_0 pour $z=0$.

Depuis, nous avons fait des mesures en ne polissant qu'une seule face, et ce maximum a été confirmé (*fig.* 1) avec un léger décalage dû à la difficulté d'isoler parfaitement le côté que l'on ne polit pas.

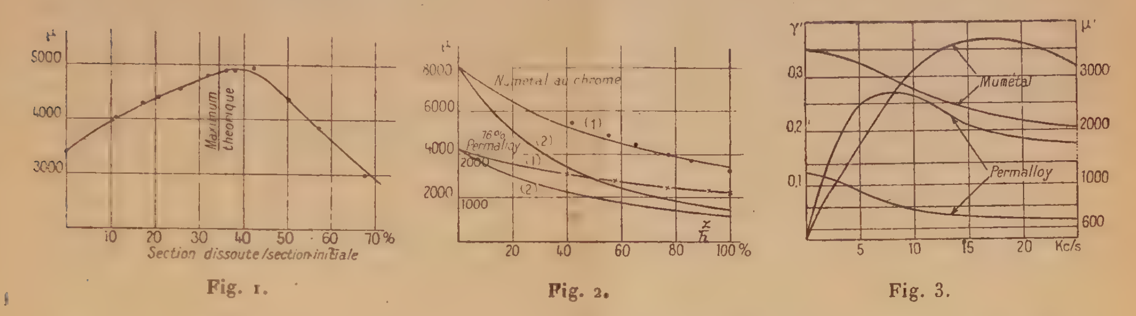


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 1. — Perméabilité en fonction de la section dissoute en ne polissant qu'une seule face. Le maximum théorique a été calculé pour : $\mu_z = \frac{\mu_0}{(1+kz)^2}$.

Fig. 2. — Courbes 1 : comparaison des valeurs expérimentales de la perméabilité moyenne avec $\frac{\mu_0}{1+kz}$.

Courbes 2 : $\mu_z = \frac{\mu_0}{(1+kz)^2}$.

Fig. 3. — Courbes de μ' et γ' en fonction de la fréquence d'après les résultats de la figure 2.

Soit une tôle d'épaisseur $2h$ beaucoup plus faible que les deux autres dimensions, on peut admettre, alors, que l'induction est de la forme

$$B = B_0(1 - \alpha z + \beta z^2 - \ldots),$$

où α et β sont des coefficients caractéristiques de la texture magnétique. Si B est parallèle au champ, les pertes P'_0 calculées sont alors telles que

$$\frac{P'_0}{P_0} = \frac{1 - \frac{3}{4}\alpha h + \left(\frac{3\alpha^2}{20} + \frac{2\beta}{5}\right)h^2 - \frac{\alpha\beta}{6}h^3 + \frac{\beta^2}{21}h^4}{\left(1 - \frac{\alpha h}{2} + \frac{\beta h^2}{3}\right)^2}.$$

L'augmentation des pertes n'est donc pas due uniquement à l'état de surface de l'échantillon, mais aussi aux coefficients de texture magnétique. Ceci est vérifié expérimentalement, car un polissage électrolytique très superficiel n'entraîne généralement qu'une diminution des pertes réelles Pr de l'ordre de quelques dizaines pour cent, tandis que d'après les données de la littérature les valeurs de Pr/Po des tôles usuelles dépassent plusieurs unités même aux fréquences industrielles et quelle que soit la valeur de l'induction.

Les résultats précédents sont généraux ; on peut les préciser dans le domaine

([2]) P. Abadie et I. Epelboin, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1706.

des champs très faibles (perméabilités initiales), et aux fréquences inférieures à la fréquence de Larmor du spin. Dans ces conditions, le traînage magnétique se manifeste sous deux aspects :

1° Accroissement des pertes par courants de Foucault $\sigma_a/\sigma_0 > 1$, σ_a étant la conductibilité apparente offerte aux courants de Foucault déterminée à partir des pertes réelles.

2° Existence d'une perméabilité complexe $\mu(1 - j\gamma)$ qui présente en fonction de la fréquence, des courbes caractéristiques de dispersion pour μ, et d'absorption pour γ.

L'introduction de la valeur expérimentale de μ_z dans les équations de Maxwell généralise la méthode de calcul des pertes par courants de Foucault de V. Arkadiev ([3]) pour $\sigma_a/\sigma_0 > 1$, car elle détermine les valeurs de $\mu'(1 - j\gamma')$ et de σ'_a/σ_0, $\mu'(1 - j\gamma')$ et σ'_a étant la perméabilité complexe et la conductibilité apparente dues à la texture magnétique. Ainsi d'après la figure 2 basée sur des résultats expérimentaux indiqués précédemment ([1]) et ([4]), on trouve conformément à une supposition de Polivanov ([3])

$$\mu_z = \frac{\mu_0}{(1 + kz)^2} \qquad \text{avec} \quad z \geq 0.$$

L'équation différentielle du deuxième ordre du champ est alors du type de celle de Euler. D'où des formules pour μ', γ' et σ'_a/σ_0 qui seront publiées dans un autre recueil et dont l'application aux résultats expérimentaux de la figure 2 est résumée dans le tableau numérique et la figure 3.

Tableau numérique.

	μ_0	kh	$2h$ cm	σ_a/σ_0	σ'_a/σ_0
Permalloy........	2110	0,90	20.10^{-3}	1,8	1,35
Mumétal..........	8100	1,33	11.10^{-3}	2,3	1,57

En conclusion, la connaissance de la perméabilité μ_z permet de séparer les phénomènes de traînage magnétique causés par la texture magnétique, de ceux liés en particulier à l'état de surface de l'échantillon. C'est ainsi qu'un polissage électrolytique superficiel entraîne une diminution du rapport σ_a/σ_0 de 1,8 à 1,4 pour le permalloy et de 2,3 à 1,90 pour le mumétal, ce qui peut expliquer la différence entre les valeurs de σ_a/σ_0 et σ'_a/σ_0 indiquées sur le tableau ci-dessus.

([3]) *Recueil de travaux d'électromagnétisme* 1910-1944, vol. V, Laboratoire de Maxwell, Moscou, 1944.

([4]) I. Epelboin, A. Marais et Mlle P. Pannetier, *Journées métallurgiques d'automne*, Octobre 1948 [*Revue métallurgique* (à l'impression)]; J. Épelboin, XIXe semaine de discussions, S. F. E. Nov. 1948 [*Bull. de la S. F. E.* (à l'impression)].

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Dispositif de focalisation pour particules électriquement neutres.* Note de M. René Vauthier, présentée par M. Paul Pascal.

Un rapprochement peut être établi entre la trajectoire d'une particule électrisée à l'intérieur d'un condensateur, et celle d'une particule électriquement neutre, mais porteuse d'un moment magnétique $\mathcal{M}$, à l'intérieur des pièces polaires de Stern et Gerlach, où règne un champ magnétique non uniforme.

L'une est soumise à la force $e\text{E}$, l'autre à la force de grandeur $\mathcal{M}\,(\partial\text{H}/\partial x)$. La trajectoire des particules a la même forme dans les deux cas (dans la mesure où $\partial\text{H}/\partial x$ est constant dans la région traversée par la particule porteuse d'un moment).

Dans le cas d'un condensateur cylindrique, il est possible d'ajuster la différence de potentiel entre les électrodes de façon qu'un ion d'énergie déterminée ait une trajectoire équidistante des deux surfaces du condensateur. La condition à réaliser est alors

$$\frac{mv^2}{r} = e\text{E}.$$

Or, il a été établi par Herzog ([1]), qu'un tel dispositif permettait de réaliser la focalisation des angles : un faisceau d'ions monoénergétiques, divergent à partir d'une fente, par exemple, pouvait être focalisé à la sortie du condensateur cylindrique suivant une fente-image.

En supposant que la fente-source soit axée sur la normale à la face d'entrée du condensateur, on peut déterminer la position de la fente-image par une construction géométrique simple. Si le faisceau est hétérogène en énergie, on obtient un spectre d'énergie des particules.

Par analogie, rien n'empêche donc d'utiliser des pièces polaires de Stern et Gerlach, non plus rectilignes, mais incurvées en arc de cercle et coaxiales. Un angle Φ_e de 90 à 110° suffirait, pour dégager convenablement des pièces polaires, les fentes d'entrée et de sortie. La relation suivante devra être vérifiée par la trajectoire principale

$$m\frac{v^2}{r} = \mathcal{M}\frac{\partial\text{H}}{\partial x},$$

relation que l'on peut transformer, sachant que

$m = \text{M}/\text{N}$ (M, masse moléculaire; N, nombre d'Avogadro);

$v = \sqrt{3,5\,\text{RT}/\text{M}}$ (v, vitesse la plus probable, pour des particules s'échappant d'un récipient par un trou percé dans la paroi);

$\mathcal{M} = \mu_\text{B}/\text{N}$ (μ_B, Magnéton de Bohr).

([1]) *Zeits. für Phys.*, 89, 1934, p. 447.

Il vient alors

$$r = \frac{3,5\,\mathrm{RT}}{\mu_{\mathrm{B}}\dfrac{\partial \mathrm{H}}{\partial x}}$$

et, en prenant $\mathrm{R} = 8,3.10^7$ ergs/degré et $\mu_{\mathrm{B}} = 5,600$ ergs/gauss,

$$r = 52\,000\,\frac{\mathrm{T}}{\dfrac{\partial \mathrm{H}}{\partial x}},$$

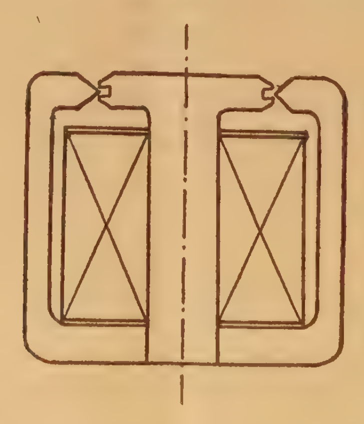
indépendant de M, comme on pouvait s'y attendre, puisque ce dispositif sélectionne uniquement les énergies.

Pour $\mathrm{T} = 300°$ K et $\partial\mathrm{H}/\partial x = 300.000$ gauss/cm, on trouve $r = 50^{\mathrm{cm}}$. Pour l'utilisation, il sera commode, dans certains cas (étude de la répartition des vitesses, etc.) de faire défiler le spectre d'énergie devant la fente de sortie (derrière laquelle se trouve le dispositif de détection) en faisant varier le champ magnétique.

Les principales difficultés que l'on peut prévoir seront les suivantes : d'abord, difficulté de réaliser un gradient de champ, constant sur 2 ou 3^{mm} d'entrefer. Une étude préliminaire sera indispensable, car la focalisation ne sera bonne qu'autant que cette condition sera réalisée.

D'autre part, puisque expérimentalement on ne peut guère dépasser actuellement la valeur de 400 000 gauss/cm (atteinte avec de grandes difficultés) pour $\partial\mathrm{H}/\partial x$, la température du gaz ou de la vapeur ne pourra dépasser 800° K. environ si l'on veut éviter un appareil trop encombrant.

Enfin, on devra se limiter aux atomes ou molécules porteurs d'un magnéton de Bohr, et d'un seul.



En résumé, ce dispositif semble d'application possible quoique peu aisée (voir la figure ci-dessus donnant le schéma d'un électro-aimant pouvant être utilisé dans un tel montage).

Son principal avantage est évidemment de permettre l'emploi de fentes très fines, sans perte corrélative « d'intensité ».

OPTIQUE. — *Facteurs d'émission des produits réfractaires silico-alumineux à haute température*. Note de M. **Marcel Michaud**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons déterminé les facteurs d'émission monochromatiques ($\lambda = 0^{\mu},655$) et totaux d'oxydes réfractaires, dans le domaine de 1000 à 1600°C., en faisant tourner dans une flamme plate oxygène-gaz de ville des échantillons cylindriques de 50^{mm} de longueur et 20^{mm} de diamètre. La température vraie était mesurée au moyen d'un pyromètre optique pointé sur le fond d'une cavité axiale de 4^{mm} de diamètre et 20^{mm} de profondeur. La température de brillance était mesurée avec le même pyromètre optique et la température de radiation au moyen d'une pile thermo-électrique convenablement diaphragmée, et pointée sur la surface extérieure du cylindre.

Les traces d'oxyde de fer, colorant à froid les échantillons, d'une part, la granulométrie d'autre part se sont trouvées être les facteurs prépondérants de variation des facteurs d'émission. La composition chimique n'a pratiquement pas d'influence pour les composés silico-alumineux.

Avec les échantillons de compositions approximatives suivantes, très blancs :

		silice	alumine	grains de
1°	RA 98	9 %	91 %	96^{μ}
	RA 360	12 »	85 »	» 38
	RA 84	19 »	80 »	» 10
	1194 S		97 »	» 30
	F		99,5 »	» 10

2° A, B, D, E_1, E_2 : 98 % de silice; pour A et B, grains de 6/10 de millimètre de diamètre; pour D, grains de 3/10 de millimètre; pour E_1, grains de 7 à 8/100 de millimètre; pour E_2, grains de 10 à 20^{μ}, nous avons obtenu les résultats suivants. Ces chiffres sont donnés avec des erreurs possibles de 10 % sur les facteurs monochromatiques d'émission ε_r et de 5 % sur les facteurs totaux d'émission ε_t.

	°C.	1000.	1100.	1200.	1300.	1400.	1500.	1600.
RA 98	ε_r	0,57	0,51	0,46	0,44	0,42	0,40	0,40
	ε_t	0,50	0,48	0,46	0,43	0,41	0,40	0,39
RA 360	ε_r	0,39	0,33	0,29	0,275	0,27	0,26	0,25
	ε_t	0,39	0,36	0,34	0,32	0,30	0,285	0,275
RA 84	ε_r	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
	ε_t	0,325	0,30	0,275	0,26	0,245	0,23	0,22
1194 S	ε_r	0,25	0,275	0,285	0,295	0,30	0,31	0,315
	ε_t	0,39	0,35	0,33	0,30	0,29	0,28	0,27
F	ε_r	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	ε_t	0,30	0,28	0,25	0,23	0,20	0,19	0,18
A, B, D, E_1	ε_r	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	ε_t	0,62	0,58	0,54	0,51	0,49	0,46	
E_2	ε_r	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
	ε_t	0,42	0,42	0,41	0,35	0,34	0,33	

Les facteurs d'émission monochromatiques ou totaux des nombreux échantillons étudiés, découpés dans des briques industrielles silico-alumineuses colorées varient de 0,50 à 0,90 suivant leur teneur en oxyde de fer. Les facteurs d'émission monochromatiques des échantillons découpés dans des briques industrielles de silice (oxyde de fer $< 1\,\%$) sont égaux à 0,50 et les facteurs d'émission totaux décroissent de 0,62 à 0,53 entre 1000 et 1500°C.

RAYONS COSMIQUES. — *Une variation sidérale probable des grandes gerbes de rayons cosmiques.* Note (*) de MM. **Pierre Auger**, **Jean Daudin**, **Jean Denisse** et Mme **Alice Daudin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'un de nous (1) a signalé une corrélation entre l'intensité des bruits solaires et les fluctuations anormales du rayonnement cosmique dans la stratosphère.

Cette observation confirme celles de Forbush (2) et de Dupérier (3) et l'on peut penser que le Soleil et sans doute un grand nombre d'étoiles peuvent émettre des rayonnements du type *cosmique*. En 1939-41, nous avions (4) déjà recherché une variation solaire et sidérale des grandes gerbes de l'air. L'énergie des primaires responsables de ces gerbes est de l'ordre de 10^{15} eV, ce qui peut les rendre moins sensibles aux champs électromagnétiques qui sont sans doute responsables de l'isotropie presque parfaite du rayonnement cosmique. On peut donc s'attendre à une certaine persistance dans leur direction d'émission initiale.

En 1948 nous avons enregistré (5) au Pic du Midi les coïncidences triples entre trois groupes de compteurs de 1900^{cm^2} de surface utile, dont l'un était situé à 75 mètres des deux autres dans un plan horizontal. Les moyennes horaires obtenues, sans correction, durant la période atmosphérique calme du 13 août au 3 septembre, donnent le graphique I qui met en évidence des écarts systématiques supérieurs à trois fois l'erreur probable. Des contrôles ultérieurs ont prouvé que les compteurs Maze au méthylal ne présentaient aucun effet de température et que les constantes de temps des circuits de liaison n'étaient sans doute pas en cause. Nous suggérons qu'il s'agit d'une variation sidérale, hypothèse qui s'appuie sur les arguments suivants :

a. Sur la figure 1, la courbe II représente la variation diurne enregistrée dans les mêmes conditions géométriques du 7 au 13 septembre. La courbe III

(*) Séance du 7 mars 1949.

(1) J. Denisse, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 75.

(2) Forbush, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 771; Neher et Rash, *Rev. Mod. Phys.*, 20, 1948, p. 330.

(3) *Nature*, 158, 1946, p. 944 et 196.

(4) P. Auger et Collaborateurs, par exemple P. Auger et J. Daudin, *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 95.

(5) A. Daudin, J. Daudin et J.-P. Lefebvre.

représente les variations enregistrées sur base horizontale de 5 mètres du 22 septembre au 5 octobre. Les courbes sont décalées de façon à faire concorder les heures sidérales. Bien qu'elle soient moins précises que la courbe I, le maximum et le minimum principal concordent convenablement. Le minimum du matin solaire apparaît nettement dans les observations ultérieures moins

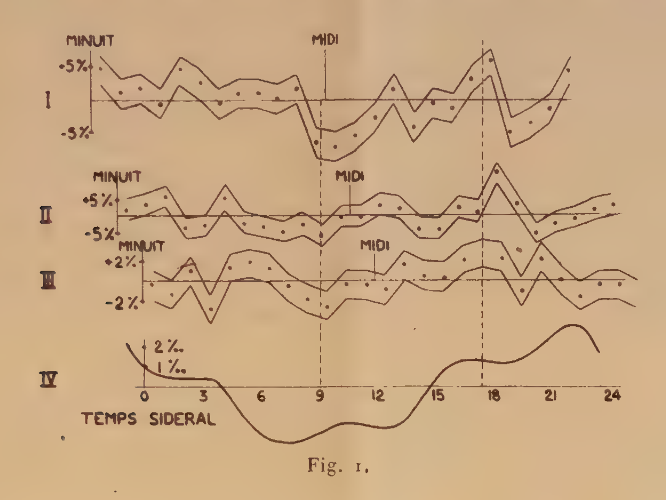


Fig. 1.

détaillées du mois d'octobre. La discordance des variations en temps solaire nous semble écarter l'hypothèse d'un effet atmosphérique diurne.

b. En recombinant les harmoniques de 24 heures et de 6 heures de l'ordre sidéral, observées par Dupérier dans le rayonnement total, on obtient une courbe IV (compte non tenu des harmoniques supérieures inconnues) qui est en concordance avec la nôtre en temps sidéral.

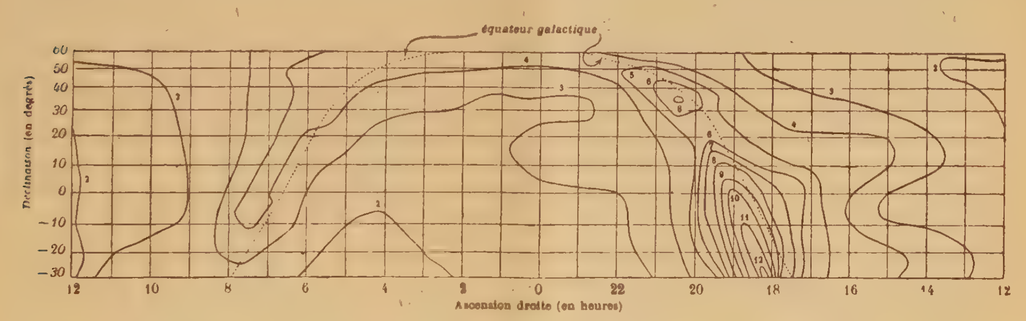


Fig. 2. — Courbes à bruit galactique constant mesuré par Hey, Philips et Parsons sur 64 Mc.

c. Dupérier obtient une variation de 2,5 ‰ pour le rayonnement total. En gerbes atmosphériques sur 5 mètres nous obtenons environ 2 % et sur 75 mètres 5 à 6 %. Ainsi les rayonnements primaires de plus grande énergie présenteraient un effet plus marqué conformément à l'hypothèse indiquée plus haut.

d. Le graphique de la figure 2 indique la densité des bruits galactiques pour les différentes déclinaisons et en particulier pour le zénith au Pic du Midi, soit

48° N. Le minimum observé par nous coïncide exactement avec le minimum des bruits galactiques entre 9 heures et 12 heures sidérales, alors que passe au méridien une région très pauvre en étoiles entre Persée et la Grande Ourse.

Le palier nocturne correspondrait en ce cas au passage de la Galaxie au zénith à partir d'un maximum vers 22^h (Cygne). La montée qui suit le minimum correspondrait à l'ascension au méridien du centre de la Galaxie (Sagittaire). Mais le maximum aigu situé vers 17^h30^m sidérale est d'une interprétation plus difficile à cause de la chute soudaine et brève qui le suit. Ces observations doivent être rapprochées de celles de Whaley et Long qui rapportent des variations diurnes considérables dans la fréquence des *bursts* ([6]). Nous pensons que les correspondances indiquées ici ne sont pas fortuites et formulons l'hypothèse que la Galaxie contient des sources de rayons cosmiques primaire d'énergie considérable capables de déterminer de grandes gerbes dans l'atmosphère.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la fragmentation des carbures linéaires par impact électronique.* Note (*) de MM. **Rodolphe Viallard** et **Michel Magat**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'impact d'électrons de quelques dizaines ou de quelques centaines d'eV sur des molécules polyatomiques produit, à côté d'ions de cette molécule, un certain nombre de fragments ionisés et de radicaux libres neutres. Ces derniers sont probablement responsables de beaucoup de réactions chimiques amorcées par les rayonnements ionisants et par les décharges électriques.

Il est donc important de connaître la nature de ces radicaux et de déterminer les règles de leur production. En l'absence de tout guide théorique, ce problème doit être abordé par voie empirique.

Les spectres de masse publiés par le *National Bureau of Standards* fournissent, pour les potentiels d'ionisation de 50 à 100 V, un abondant matériel dont l'analyse permet dès maintenant de dégager un certain nombre de règles. Celles-ci portent sur l'abondance relative des divers ions formés et sur la probabilité de coupure des différentes liaisons. Nous donnons ci-dessous celles qui s'appliquent plus particulièrement aux carbures linéaires non ramifiés.

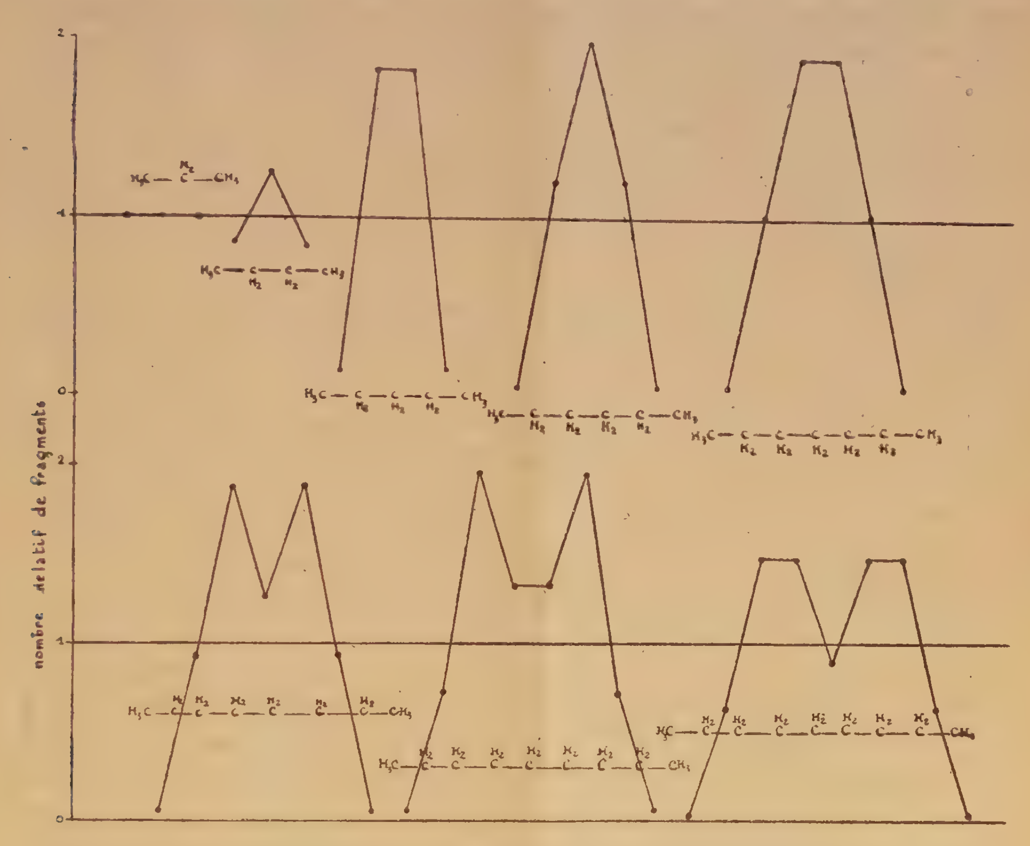
Rupture des liaisons C—H. — 1° Pour chacune des séries homologues, le pourcentage de fragments ionisés produits avec simple départ d'hydrogène, sans coupure de liaison C—C, diminue de manière continue quand la chaîne s'allonge : il passe de 84 % pour l'éthane à 8.10^{-3} % pour l'octane.

([6]) Whaley et Long, *Bulletin Amer. Phys. Soc.*, 23, 1948, p. 21.

(*) Séance du 7 mars 1949.

2° Mais la présence d'une liaison multiple dans une chaîne accroît sensiblement la proportion des fragments ionisés avec simple départ d'hydrogène.

3° Lorsqu'on part d'une chaîne saturée en C_n, $n > 2$, et que l'on considère ses fragments ionisés comportant un nombre déterminé $n' \leq n$ d'atomes C, l'on trouve que ceux qui renferment un nombre impair d'atomes H sont toujours plus nombreux que ceux qui en renferment un des deux nombres pairs voisins.



$$\text{Nombre relatif de fragments ionisés pour une liaison} = \frac{\text{Nombre de fragments ionisés produits par coupure de cette liaison}}{\text{Moyenne par liaison du nombre total de fragments ionisés avec coupure de liaison } c-c}$$

Signalée déjà pour les ions $C_3H_n^+$ du propane ([1]), cette règle est beaucoup plus générale. Une règle analogue s'applique aux ions formés à partir des carbures perfluorés. Les fragments de formule C_nX_{2n}($X = H$ ou F) ayant la possibilité de se réorganiser en molécules stables non saturées, il apparaîtrait donc que la formation d'ions de radicaux libres est plus probable que la formation d'ions de molécules.

Rupture des liaisons C — C. — 1° Il n'existe pratiquement pas de coupure

(1) Delfosse et Bleakney, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 256. *Voir* aussi F. L. Mohler et coll., *Bull. Phys. Soc.*, 24, 1949, p. 67.

simultanée de deux liaisons C — C. Le pourcentage des ions CH_2^+ et $C_2H_4^+$ ne croît pas en effet quand la chaîne s'allonge, et pour des chaînes longues les rapports $[CH_2^+]/[CH_3^+]$ et $[C_2H_4^+]/[C_2H_5^+]$ tendent vers des valeurs limites.

2° Pour les hydrocarbures saturés, les ruptures en bout de chaîne, caractérisées par les ions en C_1 et C_{n-1}, sont très peu fréquentes. A partir du pentane, et jusqu'au nonane, la coupure s'effectue de préférence sur la liaison 3-4. La probabilité de coupure des différentes liaisons d'une chaîne peut être représentée par des diagrammes du type ci-dessus (*figure*).

La situation est exactement inversée pour les perfluorures, où les coupures les plus fréquentes se font sur la liaison 1-2.

3° La présence, dans une chaîne, d'une liaison double en position 1-2, a pour effet de diminuer les nombres relatifs de fragments obtenus par coupures de cette liaison et des liaisons voisines, par rapport à leur valeur dans le cas du carbure saturé correspondant.

Au contraire, la présence d'une liaison double médiane (2-butène, 3-hexène, 4-octène) a pour effet d'augmenter le nombre relatif de fragments provenant de cette liaison.

Les détails des calculs et les développements relatifs à des hydrocarbures ramifiés et cycliques seront publiés ultérieurement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'équation d'équilibre de l'ionisation de l'acide nitrique en solution aqueuse.* Note (*) de M. **Jean Chédin** et Mme **Suzanne Fénéant**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente (1) nous avons étudié la composition des acides nitriques concentrés. La présente Note concerne les concentrations comprises entre 10 et 50 %. Il n'y a pratiquement plus de molécules NO_2OH (tension partielle de vapeur p_{HNO_3} négligeable ou non mesurable). Les spectres Raman permettent de penser que ces mélanges contiennent des molécules d'eau, de monohydrate et des ions (certainement solvatés) en équilibre. Nous avons constaté que l'équation

$$(NO_2OH\,H_2O) + 4H_2O \rightleftharpoons NO_3^-,\ H^+\quad(5\,H_2O) \tag{I}$$

(sans préciser la répartition des 5 H_2O entre les 2 ions) représente correctement les faits expérimentaux. Soit le mélange de 1 mol. $NO_3H + a$ mol. H_2O, β son coefficient d'ionisation. Il contient d'après l'équation (I)

$$(1-\beta)\,NO_2OH\,H_2O + (a-1-4\beta)\,H_2O + \beta\,NO_3^-\,aq + \beta\,H^+aq' \tag{A}$$

(*) Séance du 21 mars 1949.

(1) J. Chédin, S. Fénéant et R. Vandoni, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1722.

avec

$$\text{(II)}\qquad aq + aq' = 5H_2O \qquad \text{et} \qquad K = \frac{\beta^2(a-3\beta)^2}{(1-\beta)(a-1-4\beta)^4}.$$

Par tâtonnements on a déterminé une valeur de K valable vers 30-35° (K = 1,2) qui permet de calculer des valeurs de β en bon accord avec l'expérience ([2]), ([3]), ([4]), ([5]). Sur le Tableau I figurent les valeurs de β mesurées (effet Raman) par O. Redlich et Bigeleisen ([4]), soignées et récentes, et par l'un de nous, et enfin celles qui sont calculées.

		Coefficient d'ionisation β			Activité de H_2O		
		calculé	expérimental				
NO_3H % (en poids).	a.	(K = 1,2).	Redlich et Bigeleisen.	Chédin (*).	calculé.	expéri-mentale.	$\frac{1}{2}\sqrt{\mu}$.
10......	31,5	0,96	0,95	0,92	0,93	0,93	0,64
20......	14	0,88	0,87	0,80	0,83	0,83	0,87
30......	8,16	0,72	0,74	0,63	0,71	0,71	1,01
40......	5,25	0,51	0,56	0,50	0,59	0,57	1,05
50 (**)...	3,5	0,32	0,36	0,35	0,48	0,44	0,97

(*) Les valeurs de β publiées par l'un de nous ([3]), obtenues en supposant NO_3H à 10 ou 15 % entièrement ionisé, se trouvent de ce fait, trop élevées d'environ 10 %, et ont été corrigées dans le présent tableau.

(**) Tension de vapeur nitrique mesurable, négligée dans le calcul.

Cela ne suffirait pas à établir la validité de (I), mais en outre, la formulation A permet le calcul de

$$\text{(III)}\qquad C_{H_2O} = \text{concentration molaire réelle de l'eau} = \frac{a-1-4\beta}{a-3\beta}.$$

Pour chaque valeur de a, avec β calculé, on peut dont calculer C_{H_2O}. Or, on connaît l'activité expérimentale p/p_0 de l'eau dans ces mélanges.

Nous nous sommes servis de résultats non encore publiés de R. Vandoni à 35°. Le tableau montre que dans la zone de concentration étudiée, on a, avec une bonne précision $C_{H_2O} = p/p_0$.

On peut s'étonner qu'une équation de forme classique (Ostwald) s'applique à un équilibre impliquant des ions. Toutefois, il est à remarquer que la force ionique de ces solutions : $\mu = (1/2)\Sigma C_i Z_i^2$ (C_i nombre d'ions par litre porteurs d'une charge $\pm Z_i$) qui se réduit ici à $C\beta$ (dans une solution à x % correspondant à C molécules NO_3H/litre et ayant un coefficient d'ionisation β) varie peu entre 10 et 50 %. Dans la dernière colonne du tableau, on a porté les valeurs

([2]) I. R. Rao, *Proc. Roy. Soc.*, **127**, 1930, p. 279.

([3]) J. Chédin, *Annales de Chimie*, **11**, 1937, p. 243.

([4]) O. Redlich et J. Bigeleisen, *J. Am. Chem. Soc.*, 65, 1930, p. 1883.

([5]) R. Dalmon, *Mém. des Serv. Chim. de l'État*, **31**, 1944, p. .

de $\mu^{1/2}$ calculées avec les β de O. Redlich et Bigeleisen. L'accord constaté semble donc indiquer :

1° que les coefficients d'activité des *molécules* restent voisins de 1, auquel cas on a bien $C_{H_2O} = p/p_0$.

2° que f_i, coefficient stœchiométrique moyen d'activité des deux ions hydratés demeure sensiblement constant dans le domaine choisi qui se caractérise par une valeur de $\sqrt{\mu}$ très élevée et relativement peu variable (surtout pour 20, 30, 40, 50 %).

En effet, on devrait remplacer β^2 dans l'équation (II) par $\beta^2 f_i^2$ pour tenir compte des interactions ioniques. Si f_i est constant entre 10 et 50 %, on n'a fait, en négligeant les activités dans cette équation, que remplacer la vraie constante thermodynamique K' par une valeur $K = (K'/f_i^2)$ qui se trouve également demeurer constante. Ce deuxième point paraît très acceptable si l'on se reporte à la loi limite de Debye-Huckel $[-\log f_i = (1/2)\sqrt{\mu}]$ qui est d'ailleurs considérée comme donnant des valeurs trop rapidement variables de f_i aux valeurs élevées de μ.

Le nombre de $5^{mol} H_2O$ n'est pas à prendre à la lettre. Il est celui qui représente le mieux l'ensemble des résultats *actuels* d'ionisation et de tension de vapeur, dans l'hypothèse que nous proposons, qui ne saurait d'ailleurs constituer qu'une première approximation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude dans l'eau, à la température de 20° C., du système quaternaire* $(SeO_4)_3Al_2 + 3SO_4Na_2 \rightleftharpoons (SO_4)_3Al_2 + 3SeO_4Na_2$. Note de M. **Henri Collet**, présentée par M. Louis Hackspill.

Pour cette étude, j'ai déterminé, par les méthodes des restes et des ensembles, les isothermes de 20° des quatre systèmes ternaires :

$$OH_2 - (SeO_4)_3Al_2 - SeO_4Na_2, \quad OH_2 - SeO_4Na_2 - SO_4Na_2,$$
$$OH_2 - (SO_4)_3Al_2 - SO_4Na_2, \quad OH_2 - (SeO_4)_3Al_2 - (SO_4)_3Al_2,$$

et des deux systèmes quaternaires :

$$OH_2 - (SeO_4)_3Al_2 - SO_4Na_2, \quad OH_2 - (SO_4)_3Al_2 - SeO_4Na_2.$$

J'ai, de plus, déterminé la composition des solutions en équilibre avec trois phases solides.

1° *Système* $OH_2 - (SeO_4)_3Al_2 - SeO_4Na_2$. — L'isotherme présente trois branches, les deux extrêmes correspondant aux sels hydratés : $(SeO_4)_3Al_2$, $22OH_2$ et SeO_4Na_2, $10OH_2$, la branche intermédiaire à un sel double. En effet les droites solution-ensembles et solution-restes convergent vers un point du diagramme donnant la composition $(SeO_4)_3Al_2$, SeO_4Na_2, $22OH_2$. (Ce composé n'avait pas été signalé jusqu'à présent.)

2° *Système* $OH_2 - SeO_4Na_2 - SO_4Na_2$. — L'isotherme est formée de deux

branches, l'une relative à SeO_4Na_2, $10\,OH_2$, l'autre traduisant toute une série de cristaux mixtes entre les deux déca-hydrates.

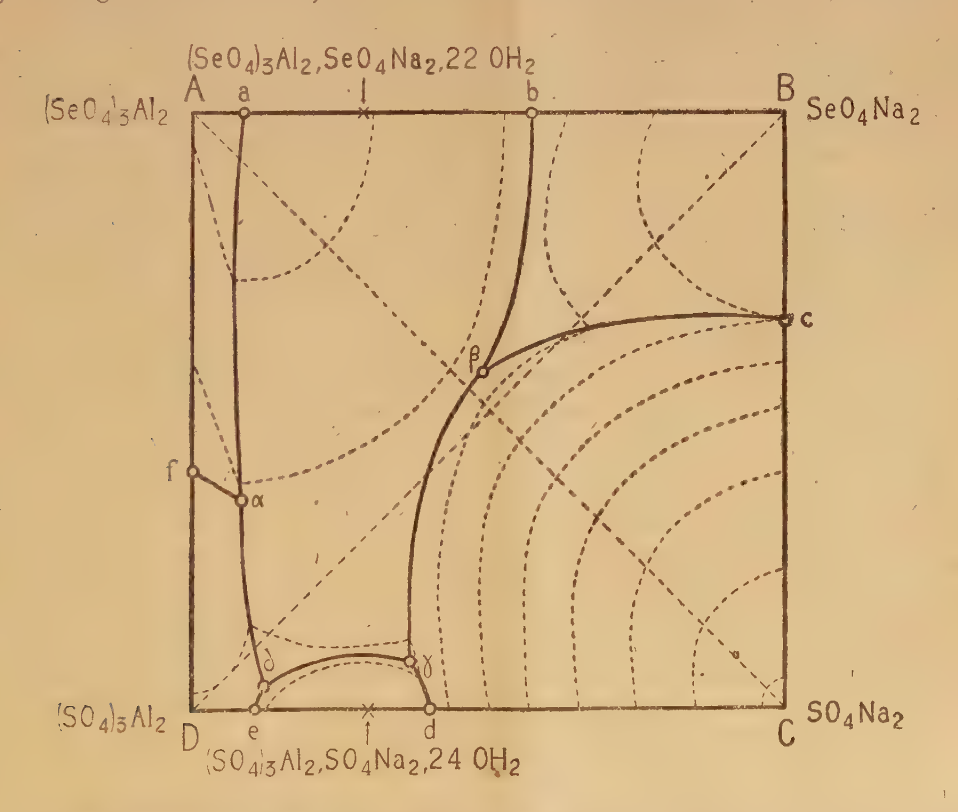
3° *Système* $OH_2 - (SO_4)_3Al_2 - SO_4Na_2$. — La courbe de solubilité met en évidence outre les deux sels hydratés initiaux, l'alun de sodium : $(SO_4)_3Al_2$, SO_4Na_2, $24\,OH_2$.

4° *Système* $OH_2 - (SO_4)_3Al_2 - (SeO_4)_3Al_2$. — L'isotherme est formée de deux branches correspondant aux deux sels hydratés d'aluminium.

5° *Système* $OH_2 - (SeO_4)_3Al_2 - SO_4Na_2$. — L'isotherme a trois branches relatives aux composés : $(SeO_4)_3Al_2$, $22\,OH_2$, $(SeO_4)_3Al_2$, SeO_4Na_2, $22\,OH_2$ et cristaux mixtes entre SO_4Na_2, $10\,OH_2$ et SeO_4Na_2, $10\,OH_2$.

6° *Système* $OH_2 - (SO_4)_3Al_2 - SeO_4Na_2$. — La courbe de solubilité présente quatre branches relatives à : $(SO_4)_3Al_2$, $18\,OH_2$, $(SeO_4)_3Al_2$, SeO_4Na_2, $22\,OH_2$ cristaux mixtes de SO_4Na_2, SeO_4Na_2, $10\,OH_2$ et SeO_4Na_2, $10\,OH_2$.

En reportant en compositions centésimales ces valeurs, ainsi que celles obtenues pour les points triples α, β, γ, δ, et en portant sur une perpendiculaire au plan le nombre de molécules d'eau nécessaires à dissoudre une molécule de sels, on obtient le diagramme carré ci-dessous (les lignes en pointillé figurent les lignes d'égal niveau d'eau).



Le diagramme montre l'existence de six nappes cristallines. Trois, $Aa\alpha f$, $Bc\beta b$, $Df\alpha\delta e$, sont relatives aux sels initiaux respectivement : $(SeO_4)_3Al_2$,

22 OH_2, SeO_4Na_2, 10 OH_2 et $(SO_4)_3Al_2$, 18 OH_2. Une quatrième $Cd\gamma\beta c$ correspond à une série de cristaux mixtes entre SO_4Na_2, 10 OH_2 et SeO_4Na_2, 10 OH_2. Les deux autres nappes $de\delta\gamma$ et $ab\beta\gamma\delta\alpha$, correspondent aux deux sels doubles : $(SO_4)_3Al_2$, SO_4Na_2, 24 OH_2 et $(SeO_4)_3Al_2$, SeO_4Na_2, 22 OH_2.

Ce dernier composé, dont le domaine de cristallisation est très étendu est facilement obtenu sous forme de prismes orthorhombiques de densité $D_{15} = 2,645$.

Au contraire, la nappe de l'alun est très réduite.

D'après Lipson (¹), l'alun sulfurique de sodium se différencie des autres aluns par le faible volume de l'ion Na^+ par rapport à celui de l'ion SO_4^{--}.

Le volume de l'ion SeO_4^{--}, supérieur encore à celui de l'ion SO_4^{--} entraîne, dans le cas du sel double $(SeO_4)_3Al_2$, SeO_4Na_2, 22 OH_2, une plus grande disproportion qui se traduit par un bouleversement complet de l'édifice moléculaire de l'alun, si bien que ces deux composés cristallisent dans deux systèmes différents avec un degré d'hydratation également différent.

Le domaine d'existence très réduit de l'alun sulfurique montre de plus pour ce cas, l'instabilité de la maille cubique, qui, pour une faible teneur du système quaternaire en ion SeO_4^{--}, se transforme en maille orthorhombique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des champs magnétiques oscillants, sur un certain nombre de molécules.* Note de MM. **Pierre Mastagli** et **André P. Mahoux**, présentée par M. Pierre Lejay.

Dans un précédent exposé nous avons vu qu'un certain nombre de corps de la série benzénique, soumis à l'action d'un champ ultrasonore présentaient des absorptions propres à chacun d'eux. On sait depuis longtemps (¹) aussi que certains corps organiques changent de constante diélectrique suivant que la mesure de cette dernière est faite à telle ou telle fréquence du spectre hertzien (²). Enfin il est connu qu'une molécule soumise à un champ magnétique puissant, constant et uniforme subit de la part de ce dernier une force dont le sens et la grandeur caractérisent cette molécule (³).

Ceci nous a conduits à l'idée de vérifier quel serait le comportement des corps soumis à un champ magnétique oscillant. Nous avons placé les corps à étudier dans le champ engendré par le passage dans un solénoïde d'un courant à haute fréquence. Pour en augmenter l'intensité, le solénoïde est accordé par une capacité choisie, telle qu'une variation même notable de la capacité répartie du solénoïde ne constitue qu'une cause d'erreur négligeable; la capacité d'accord

(¹) *Proc. Roy. Soc. London*, 151 A, 1935, p. 347.

(¹) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 667-668.

(²) Freymann, *Les ondes hertziennes et la structure moléculaire* (*Actualités scientifiques*, Paris, 1936).

(³) Pascal, *La susceptibilité magnétique*, Grignard, 2, Paris.

est au moins 100 fois supérieure à la capacité répartie, et la variation de cette dernière ne dépasse pas le dixième de sa valeur. Le circuit oscillant est placé dans le circuit plaque d'une triode de 100 W.

Si l'on introduit alors le corps à expérimenter dans le solénoïde, on note une variation du courant de plaque, qui dépend de la constitution et de la quantité du produit. On apprécie ainsi l'énergie empruntée au circuit oscillant par le composé organique.

Deux cas extrêmes sont à envisager :

A. Le corps est conducteur et l'énergie mesurée résulte en majeure partie des courants induits ; nous reviendrons plus tard sur ce point particulier.

B. Il est diélectrique, et l'on peut alors attribuer cette énergie absorbée à l'action du champ magnétique sur les molécules.

L'erreur qui pourrait provenir de la constante diélectrique peut être négligée puisque la glycérine et l'eau tri-distillée donne des absorptions inférieures à celle de l'alcool éthylique, bien que leurs constantes diélectriques soient notablement plus élevées que celle de ce dernier.

En faisant agir des champs de fréquences comprises entre 5 et 30 Mc (sur les crésols et leurs oxydes méthyliques), on remarque d'une façon générale :

A. que l'absorption des crésols est toujours plus grande que celle des oxydes méthyliques ;

B. que dans l'un et l'autre cas les formes méta et para absorbent plus que la forme ortho ;

C. que les absorptions se retrouvent toujours sur des fréquences harmoniques entre elles. C'est ainsi que l'on obtient les valeurs présentées ci-dessous :

	F (Mc)					
Corps.	5.	5,8.	8,4.	15.	22,2.	30.
Ortho-crésol	0	0	0	0,75	0	0
Ortho-crésol méthylé	0	0	0	0,15	0	0
Méta-crésol	0,15	0	0	1,20	0	0,90
Méta-crésol méthylé	0	0	0	0,30	0	0
Para-crésol	0,15	0	0	1,20	0	0,75
Para-crésol méthylé	0	0	0	0,30	0	0
Benzène	0	0	0	0	0	0
Toluène	0	0	0	0	0	0
Éthylbenzène	0,15	0	0	1,20	0	0,15
Xylène industriel	0,15	0	0	1,20	0	0
Mésitylène	1,35	0,30	0	1,50	0,15	0
Paracymène	0	0	0	0	0	0
Cumène	0,15	0	0	0,90	0,15	0
Clorobenzène	0	0	0	0,30	0	0

L'énergie absorbée est exprimée en watts, les mesures ont été faites à 18° C. sur des quantités invariables de 40^{cm^3}.

De ce travail, il semble qu'on puisse tirer les conclusions suivantes :

A. les molécules présentent des fréquences propres, puisque d'une façon générale leurs absorptions se retrouvent sur des fréquences harmoniques entre elles;

B. la structure joue un rôle déterminant puisque les formes ortho, méta et para d'un même corps, ne présentent pas les mêmes absorptions;

C. pour les fréquences explorées, le noyau benzénique seul ne présente aucune tendance à la vibration. Les absorptions semblent croître avec le nombre et l'importance des radicaux;

D. l'élément OH introduit un facteur d'absorption suplémentaire important;

E. la courbe de résonance des molécules s'aplatit lorsque le nombre des radicaux croît, ce qui ressort des mesures faites sur le mésitylène;

F. le rôle de la masse moléculaire paraît sans action.

Nous espérons étendre ces travaux à d'autres séries de corps organiques. Il paraîtrait également nécessaire d'exécuter des mesures sur un plus grand nombre de fréquences.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Lois cinétiques de l'adsorption du méthane par des catalyseurs Fischer au nickel.* Note (*) de M. **André Troesch**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons montré que l'adsorption du méthane sur un catalyseur Fischer au nickel est inhibée à la fois par le carbone, dont la fixation par le catalyseur diminue la surface active sans modifier la vitesse d'adsorption, et par l'hydrogène, dont la présence dans l'adsorbat réduit simultanément la surface active et la vitesse d'adsorption.

Conformément aux conceptions de Langmuir ([2]), l'expression de la vitesse nette d'adsorption à la pression p, pour une surface active dont la fraction α est recouverte à l'instant t par n molécules, est

$$\frac{dn}{dt} = k_1(1-\alpha)p - k_2\alpha, \tag{1}$$

k_1 et k_2 étant les vitesses spécifiques de condensation et d'évaporation. Lorsque l'adsorption est faite à volume constant, le nombre de molécules adsorbées est proportionnel à la diminution de pression $p_0 - p$ de la phase gazeuse. La fraction α recouverte au temps t est égale au rapport n/N, où N est le nombre de molécules adsorbées à saturation ($\alpha = 1$). En introduisant ces conditions dans l'expression (1) et en tenant compte du fait qu'à l'équilibre $dn/dt = 0$ pour

(*) Séance du 21 mars 1949.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1013.

([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, 40, 1918, p. 1361.

la pression finale p_e, on obtient une équation différentielle du second degré (loi cinétique du deuxième ordre); l'une des racines est positive (p_e) et l'autre négative $[-(k_2 p_0/k_1 p_e) = -p_a]$:

$$(2) \qquad -\frac{dp}{dt} = \frac{1}{N} k_1 (p - p_e)(p + p_a),$$

dont l'intégration donne

$$(3) \qquad \mathrm{L}n \frac{(p + p_a)(p_0 - p_e)}{(p_0 + p_a)(p - p_e)} = \frac{1}{N} k_1 (p_e + p_a) t.$$

Cette équation se simplifie dans deux cas limites :

1° p_a est négligeable devant p_0, ce qui nécessite soit une grande affinité du gaz pour la surface, soit de fortes pressions p_e de saturation. On obtient alors :

$$(4) \qquad \mathrm{L}n \frac{p(p_0 - p_e)}{p_0(p - p_e)} = \frac{1}{N} k_1 p_e t$$

et les molécules adsorbées à l'équilibre recouvrent presque toute la surface active.

2° p_0 est négligeable devant p_a, donc $k_1 p_e$ devant k_2, ce qui implique soit une faible affinité du gaz pour la surface, soit des pressions p_e de saturation très petites. L'adsorption obéit alors à une loi du premier ordre, sa vitesse étant à chaque instant proportionnelle à la surface active libre

$$(5) \qquad \mathrm{L}n \frac{p_0 - p_e}{p - p_e} = \frac{1}{N} k_2 \frac{p_0}{p_2} t,$$

seule expression donnée jusqu'ici et utilisée par Kubokawa ([3]) pour l'interprétation des vitesses d'adsorption du méthane à volume constant, mais dont la validité se limite au cas d'expériences faites avec de faibles volumes de gaz et de grandes surfaces adsorbantes.

Une étude cinétique complète de l'adsorption du méthane sur nos catalyseurs nous a permis de vérifier la validité des équations (3) à (5). Les expériences rapportées dans la Note précédente (1.*c*), concernant une surface dont la capacité d'adsorption a été fortement réduite par la fixation du carbone et, éventuellement, par la présence d'hydrogène. Les pressions d'équilibre sont de ce fait comparativement élevées et, au terme de l'adsorption, la surface est presque saturée. Nous nous trouvons donc dans les conditions de validité de la loi (4) qui est très correctement vérifiée pendant les trois premiers quarts de l'adsorption. Les pentes des droites obtenues fournissent les valeurs de k_1/N, c'est-à-dire le nombre de chocs efficaces que subit, par seconde et par millimètre de mercure, l'aire correspondant à l'encombrement d'une molécule. En admettant qu'à l'équilibre la surface est pratiquement saturée ($\alpha \sim 1$, donc $n \sim N$),

---

([3]) *Rev. Phys. Chem. Japan*, **12**, 1938, p. 157.

il est aisé de calculer N à l'aide de la diminution totale de pression et du volume mort de l'enceinte. On en déduit une valeur approchée de k_1.

Expérience n°.	$\frac{k_1}{N}$.	N.	k_1.
205	$0,767.10^{-3}$	$3,51.10^{19}$	$2,69.10^{16}$
207	0,775	2,89	2,24
209	0,809	1,94	1,56
211	0,716	1,05	0,75
223	$1,09.10^{-3}$	$2,57.10^{19}$	$2,81.10^{16}$
225	1,15	2,25	2,60
227	1,11	2,02	2,23

Dans chaque série d'expériences, k_1 est fonction linéaire de N, les deux droites passent par l'origine des coordonnées et ont respectivement pour pente moyenne 0,78 pour les essais inhibés par le carbone et l'hydrogène, et 1,11 pour ceux inhibés par le carbone seul. Il ressort clairement de ce fait que la présence d'hydrogène dans l'adsorbat rend plus difficile l'adsorption du méthane sur la fraction encore libre de la surface, puisque le nombre de chocs efficaces est plus faible.

En attribuant une section de choc s à la molécule de méthane, il est possible de calculer le nombre k_1/Ns de chocs efficaces par unité de surface active. La théorie cinétique des gaz fournissant le nombre total de chocs, le rapport de ces deux nombres est la probabilité d'adsorption qui permet d'estimer l'énergie d'activation de l'adsorption. Les valeurs trouvées ici sont de l'ordre de 17 k/cal/mol.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur les équilibres des systèmes complexes riches en plomb contenant du zinc et d'autres éléments.* Note de M. **Léon Jollivet**, présentée par M. Albert Portevin.

Nous exposons un ensemble de travaux relatifs à plusieurs systèmes ternaires et aux systèmes plus complexes formés en ajoutant du zinc aux plombs d'œuvre qui contiennent à la fois tous les éléments des systèmes ternaires étudiés.

Complétant les résultats que nous avons déjà publiés [1], nous indiquons sur le diagramme 1 les isothermes voisines de l'eutectique binaire du système *Plomb-Argent-Zinc*.

Ces courbes vérifient les relations

Domaine Ag^2Zn^5.......... $2\log a + 5\log z = 8',35 - \frac{14\,770}{T}$

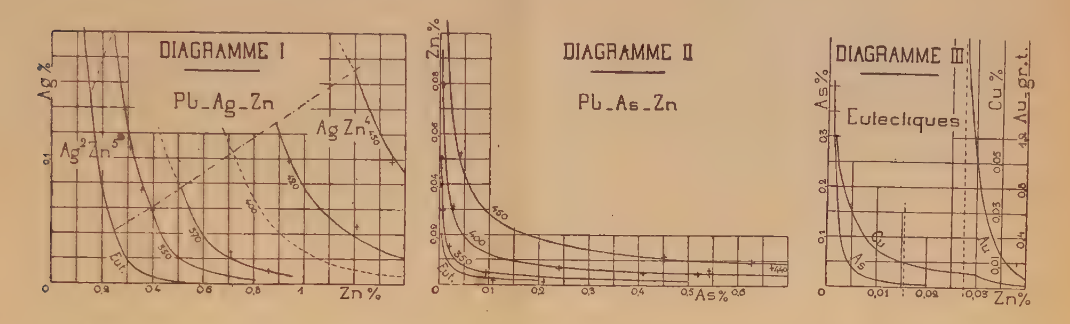
Domaine $Ag\,Zn^4$.......... $\log a + 4\log z = 6,49 - \frac{10\,610}{T}$

(a, z, concentrations atomiques en argent et en zinc)

---

[1] *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1822.

Le système *Plomb-Arsenic-Zinc* ne semble pas avoir été étudié jusqu'ici. Par la méthode déjà utilisée (¹), nous avons déterminé l'eutectique binaire riche en plomb et les isothermes voisines pour des concentrations ne dépassant pas 0,7 % d'arsenic et 0,12 % de zinc. Entre 0,2 % d'arsenic et 0,02 % de zinc, l'eutectique est sensiblement isotherme à 325°.



Le diagramme 2 représente nos résultats. Les isothermes vérifient la relation

$$5 \log a + 8 \log z = 0,68 - \frac{27\,360}{T}$$

(a, z, concentrations atomiques en arsenic et en zinc).

Cette relation caractérise le phénomène de dissociation du composé solide As^5Zn^8 en équilibre avec ses constituants dans la phase liquide; le composé complètement dissocié dans la phase liquide ne forme pas de solution solide.

Nous avons déjà caractérisé le même phénomène dans les systèmes plomb-argent-zinc et plomb-cuivre-zinc (¹) (²). Puisque ces équilibres sont déterminés à chaque température par la concentration en zinc de la phase liquide, les relations établies pour les systèmes ternaires doivent s'appliquer également aux systèmes contenant à la fois plusieurs éléments formant avec le zinc des composés binaires, mais ne se combinant pas entre eux.

C'est ce que l'expérience confirme pour les systèmes riches en plomb contenant de l'arsenic, du cuivre, de l'argent et du zinc.

Ce résultat très important simplifie considérablement l'étude des systèmes complexes et permet une représentation simple des états d'équilibre. Nous avons pu étudier ainsi les systèmes formés en ajoutant du zinc aux plombs d'œuvre qui contiennent de l'arsenic, de l'antimoine, de l'étain, du bismuth, du cuivre, de l'or et de l'argent.

La concentration de l'or ne dépasse pas quelques grammes par tonne. Pour étudier des équilibres à des concentrations aussi faibles, nous provoquons simultanément une séparation plus importante d'un autre élément ne réagissant pas sur le premier et qui l'entraîne à décanter avec lui. Nous avons obtenu des résultats concordants en présence de cuivre et d'argent.

(²) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2076.

L'or forme avec le zinc le composé solide $AuZn^9$ et les équilibres eutectiques, sensiblement isothermes à 325° vérifient la relation

$$\log a + 9 \log z = -33,21 \quad (a,\ z,\ \text{conc. at. en or et en zinc}).$$

L'antimoine ne forme pas de composé aux concentrations inférieures à 0,75 %.

L'étain peut former un composé triple avec l'arsenic et le zinc quand la concentration est supérieure à 0,033 %.

Ces connaissances permettent de réaliser des séparations intéressantes. L'exemple suivant est relatif à un traitement industriel effectué en ajoutant du zinc à un plomb d'œuvre fondu et en séparant au fur et à mesure la couche surnageante qui se forme en refroidissant jusqu'à l'eutectique.

	As (‰).	Cu (‰).	Ag (‰).	Sb (‰).	Zn (‰).	Autres élém. (Sn, Bi) (%).
Métal traité...........	5,41	2,29	1,70	7,5	0,05	inf. à 0,01
Métal obtenu........	0,25	0,20	1,70	7,5	0,06	» »

Les composés séparés devaient être As_5Zn_8 (de 5,41 à 0,25 ‰), Cu_2Zn (de 2,29 à 1,05 ‰) et CuZn (de 1,05 à 0,2 ‰). Leur formation nécessite 0,873 % de zinc, quantité pratiquement égale à l'addition réelle 0,875 %.

En opérant dans des conditions convenables, on peut réduire encore les concentrations en cuivre et en arsenic sans atteindre la concentration en zinc à laquelle l'or commence à s'éliminer.

Le diagramme III montre en effet que l'on dispose pour cela d'un écart de concentration en zinc de 0,013 % environ.

Sur ces bases nous avons établi un procédé industriel de traitement des plombs d'œuvre argentifères par addition de zinc au métal fondu et refroidissement en deux étapes dans des décanteurs convenables. On sépare l'arsenic et le cuivre à une température bien déterminée, puis on refroidit jusqu'à l'eutectique et l'on sépare l'or et l'argent.

Ce procédé supprime l'affinage préalable des plombs à désargenter.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'acide paranitrophénylpyruvique et de ses dérivés.* Note (*) de M. **Paul Cordier** et Mme **Denise Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide paranitrophénylpyruvique a été peu étudié jusqu'à présent et nous nous proposons d'en examiner les propriétés et notamment son comportement vis-à-vis de quelques aldéhydes aromatiques. L'ester éthylique de l'acide paranitrophénylpyruvique [1], a été préparé pour la première fois par

(*) Séance du 21 mars 1949.

[1] W. Wislicenus et E. Thomas, *Ann.*, 436, 1924, p. 42-55.

W. Wislicenus ([1]) avec un rendement de 40 %, par condensation du paranitroluène avec l'oxalate d'éthyle en présence d'éthylate de potassium, dans l'éther anhydre. Ces savants ont obtenu comme sous-produits le dinitro-4.4′ stilbène et le dinitro-4.4′ dibenzyle. Aucun travail n'a été fait à notre connaissance sur la condensation de l'acide paranitrophénylpyruvique, ou de son ester éthylique avec les aldéhydes aromatiques. Erlenmeyer ([2]), au cours d'une étude approfondie sur les acides α-cétoniques aromatiques, a entrepris, en outre, une telle condensation avec l'acide orthonitrophénylpyruvique et l'aldéhyde benzoïque en présence d'acide chlorhydrique fumant. Il a obtenu l'α-oxo β-(nitro-2 phényl) γ-phényl butyrolactone

$$\begin{array}{l} NO_2-C_6H_4-CH-CO \\ \quad\quad\quad\quad\quad\quad | \quad\quad\quad \rangle CO. \\ \quad\quad C_6H_5-CH-\!\!-O \end{array} \quad (2)$$

En partant de l'ester éthylique et en présence de pipéridine, W. Wislicenus ([1]) a obtenu ce dérivé avec le même aldéhyde. Reprenant les travaux d'Erlenmeyer, Mlle Hemmerlé ([3]) a effectué une étude semblable sur le comportement de l'acide phénylpyruvique avec l'aldéhyde benzoïque, conduisant à l'α-oxo β-phényl γ-phényl butyrolactone et a discuté les possibilités d'isomérie du dérivé lactonique obtenu

Nous avons réalisé la condensation de l'ester paranitrophénylpyruvique (I) avec quelques aldéhydes : benzoïque, anisique, cinnamique, furfurylique et α-naphtoïque, sous l'action de la potasse alcoolique. Il se forme un acide cétonique γ-alcool, instable en milieu acide, et donnant par cyclisation une céto-lactone du type α-oxo β-(nitro-4 phényl) butyrolactone γ substituée selon le schéma

$$NO_2-C_6H_4-CH_2-CO-COOC_2H_5 \ (I) + R-CHO \rightarrow NO_2-C_6H_4-\underset{\substack{| \\ R-CHOH}}{CH}-CO-COOH \rightarrow \begin{array}{l} NO_2-C_6H_4-CH-CO \\ \quad\quad\quad\quad\quad\quad | \quad\quad\quad \rangle CO \\ \quad\quad\quad\quad R-CH-\!\!-O \end{array}$$

(II) $R = C_6H_5-$, (IV) $R = C_6H_5-CH=CH-$, (VI) $R = C_{10}H_7-\alpha$.

(III) $R = CH_3O-C_6H_4$, (V) $R =$ furyle (C_4H_3O-)

([2]) *Ann.*, **333**, 1904, p. 235.

([3]) *Thèse*, Doct. Pharm. Paris, 1917.

Ces oxolactones peuvent exister sous forme énolique : elles donnent une coloration intense avec le perchlorure de fer. Les essais faits jusqu'à présent pour obtenir, à partir des oxolactones, les acides γ-alcools correspondants ont échoué : on revient toujours à la forme lactonique, ce qui montre l'instabilité de ces acides. La configuration stéréochimique de ces oxolactones permet de prévoir la formation d'isomères dus à la présence de deux atomes de carbone asymétriques. De plus, du fait de la formation du cycle lactonique, la possibilité d'une isomérie *cis-trans* pour la forme énolique est à éliminer. L'isolement et l'établissement de la structure de ces isomères font l'objet d'une étude en cours.

Partie expérimentale : A. *Éther éthylique de l'acide paranitrophénylpyruvique* (I). — Nous avons adopté un mode opératoire analogue à celui de W. Wislicenus [1], mais en remplaçant l'éther anhydre par l'alcool absolu. Les rendements en ester sont du même ordre, mais nous n'avons pas constaté la formation des sous-produits indiqués par ces auteurs. Le produit isolé se présente sous la forme de cristaux jaune pâle, très oxydables à l'air, F 106° (benzène), il donne une coloration vert noir avec le perchlorure de fer et rouge avec les alcalis.

B. *Condensation avec les aldéhydes aromatiques.* — L'éther éthylique (I) réagit rapidement au sein de l'alcool, en présence de potasse, avec une quantité équimoléculaire d'aldéhyde. On obtient un précipité rouge de dérivé potassé qui est séparé par filtration. Un traitement par ClH dilué donne un produit jaune qui est recristallisé dans l'alcool. On obtient ainsi directement, avec un rendement de 50 à 60 %, l'oxolactone correspondante. Ces oxolactones donnent une coloration intense avec le perchlorure de fer ; insolubles dans le bicarbonate de soude, elles sont entièrement solubles dans la soude diluée, ce qui permet leur titrage acidimétrique ; elles sont décomposées sous l'action des alcalis à chaud avec régénération de l'aldéhyde et de l'acide α-cétonique.

Description des corps obtenus (II). — α-oxo β-(nitro-4 phényl) γ-phényl-butyrolactone $C_{16}H_{11}O_5N$. F_{inst} 236° (déc.) (alcool), cristaux jaune pâle, coloration brune avec $FeCl_3$. Poids moléculaire par acidimétrie : trouvé 302 ; calculé pour $C_{16}H_{11}O_5N$: 297. (III). — α-oxo β- (nitro-4 phényl) γ-(méthoxy-4′ phényl)-butyrolactone $C_{17}H_{13}O_6N$. F_{inst} 271-272° (déc.) (alcool) cristaux jaune clair, très peu solubles dans l'alcool, et dans le benzène, coloration brune avec $FeCl_3$. Poids moléculaire par acidimétrie : trouvé 326 ; calculé pour $C_{17}H_{13}O_6N$, 327. (IV). — α-oxo β-(nitro 4 phényl) γ-styrryl-butyrolactone $C_{18}H_{13}O_5N$. F_{inst} 207-208° (déc.), flocons blanc jaunâtre, très peu solubles dans l'alcool, coloration brun rouge avec $FeCl_3$. Poids moléculaire par acidimétrie : trouvé 320 ; calculé pour $C_{18}H_{13}O_5N$, 323. (V). — α-oxo β-(nitro-4 phényl) γ-(furfuryl)-butyrolactone $C_{14}H_9O_6N$. F_{inst} 201° (déc.) cristaux jaune pâle, très solubles dans l'alcool, peu solubles dans le benzène, coloration brune avec $FeCl_3$. Poids moléculaire par acidimétrie : trouvé 290 ; calculé pour $C_{14}H_9O_6N$, 287. (VI). — α-oxo β-(nitro-4 phényl) γ-(naphtyl-1′)-butyrolactone $C_{20}H_{13}O_5N$. F_{inst} 215° (déc.), cristaux jaune pâle, assez solubles dans l'alcool, et F_{inst} 223° (déc.), cristaux jaune pâle très peu solubles dans l'alcool. Ces deux isomères donnent la même coloration brune avec $FeCl^3$ et le même poids moléculaire par acidimétrie : trouvé 343 ; calculé pour $C_{20}H_{13}O_5N$, 347.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la décomposition des organo-magnésiens par l'éthérate de bromure de magnésium.* Note (*) de M. **Pierre Bédos**, présentée par M. Marcel Delépine.

Tahsin Rüstü Beyer ([1]) a montré que l'éthérate de bromure de magnésium se combine aux organo-magnésiens en donnant des composés bien définis, mais nous avons pu constater que la stabilité de leurs solutions dépend de la pureté du magnésium utilisé. En particulier, un échantillon de ce métal renfermant de petites quantités de cuivre et de fer ([2]) nous a permis d'observer une décomposition massive de CH_3MgI, de C_2H_5MgBr et de $(CH_3)_2CHMgBr$, s'amorçant déjà vers 0°.

Dans nos expériences, 1/10 mol/g d'organo-magnésien était traité par des quantités croissantes d'éthérate de Br_2Mg (1/10, 2/10, 3/10, 4/10 mol/g); lorsque la réaction était terminée, l'organo-magnésien restant était décomposé par addition d'eau. Les gaz libérés dans ces deux réactions étaient recueillis quantitativement en plusieurs échantillons et analysés.

Avec le bromure d'éthylmagnésium, 2/10 mol/g d'éthérate de Br_2Mg ont suffi pour décomposer presque totalement 1/10 mol/g de C_2H_5MgBr, libérant sensiblement la quantité théorique d'un mélange d'éthane et d'éthylène de composition constante durant toute la réaction (39 à 42 % d'éthylène).

La décomposition du bromure d'isopropylmagnésium s'est montrée encore plus facile, mais la proportion de propène, très variable au cours de la réaction, et d'une opération à l'autre, était généralement faible, de 10 à 30 %, et atteignait rarement 38 %.

On peut interpréter cette réaction, avec quelque vraisemblance, en admettant que la molécule de l'organo-magnésien est scindée en donnant transitoirement un sous-halogénure de magnésium et des radicaux monovalents

$$2\,CH_3-CH_2-MgBr \rightarrow BrMg-MgBr+2-CH_2-CH_3$$

et que ces radicaux se transforment ensuite en carbure saturé CH_3-CH_3 et radicaux divalents $=CH-CH_3$, ceux-ci engendrant aussitôt le carbure éthylénique correspondant $CH_2=CH_2$.

L'iodure de méthylmagnésium s'est montré nettement plus résistant et 4/10 mol/g d'éthérate de Br_2Mg ont été nécessaires pour obtenir la décomposition totale de 1/10 mol/g de CH_3MgI. Le gaz recueilli était constitué par du méthane sensiblement pur, au moins au début de la réaction; la somme des

(*) Séance du 21 mars 1949.

([1]) *Kimya Annali Istambul*, **2**, 1937, p. 18.

([2]) Cu : 0,6 % ; Fe : 0,01 % dosés dans les solutions aqueuses résiduelles de nombreuses opérations.

volumes mesurés dans l'action de Br_2Mg et de l'eau était toujours notablement inférieure à la quantité théorique.

Dans ce cas encore, on peut admettre que la libération du méthane est accompagnée de la formation transitoire de radicaux divalents méthylène $=CH_2$, mais ceux-ci semblent disparaître dans une réaction non identifiée à ce jour. Dans la décomposition du bromure d'éthyl-magnésium et du bromure d'isopropyl-magnésium, il est possible qu'une partie des radicaux éthylidène et isopropylidène subisse un sort analogue, le rendement de leur transformation en carbures éthyléniques pouvant être ainsi notablement diminué, comme le révèlent les analyses des mélanges gazeux recueillis.

L'influence des impuretés du magnésium sur les rendements de la préparation des organo-magnésiens a été observée par divers auteurs; la réaction que nous signalons aujourd'hui permet de concevoir que les réactions secondaires de cette préparation puissent prendre parfois une importance considérable.

Il est facile de reproduire qualitativement ces expériences avec du magnésium pur, en ajoutant une petite quantité de chlorure ferrique à l'éthérate de Br_2Mg. En outre, le magnésium pur nous a permis de réaliser des réactions anormales qui s'interprètent aisément par cette décomposition; celles-ci feront l'objet d'une prochaine communication.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Union labile de l'oxygène au carbone. Sur les photooxydes dissociables à la température ordinaire.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Georges Bichet**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les études systématiques entreprises jusqu'alors par Ch. Dufraisse et ses collaborateurs en vue de déterminer, pour la molécule du mésodiphénylanthracène, l'influence des substituants et de leur position sur la stabilité de l'oxygène des photooxydes, ont abouti aux résultats que l'on connaît : les méthyles, phényles, halogènes, acidyles, carboxyles et leurs éthers-sels, facilitent peu le départ de l'oxygène des photooxydes qui a toujours lieu, plus ou moins complètement, à des températures avoisinant la température de décomposition du mésodiphénylanthracène lui-même (180°). Avec les dérivés méthoxylés essayés (monométhoxy-1 et 2, diméthoxy-1.2, 1.4, 2.3, 1.8, 1.5, 2.6), un effet favorable a été seulement constaté pour les diméthoxy-2.3 et 1.4, et il est maximum avec le photooxyde du diphényl-9.10 diméthoxy-1.4 anthracène (I) qui libère son oxygène à la température ambiante (82 % en l'espace de deux mois) (1).

(*) Séance du 21 mars 1949.

(1) Ch. Dufraisse et L. Velluz, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1822; **209**, 1939, p. 516, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **9**, 1942, p. 171.

Nous avons voulu reprendre l'étude en examinant l'effet des substituants supplémentaires sur les méthyles liés à l'oxygène des méthoxyles en 1.4. Nous présentons un premier travail sur le sujet; il concerne l'influence d'un méthyle et d'un phényle, c'est-à-dire envisage le cas des dérivés diéthoxylés et dibenzyloxylés-1.4 de l'anthracène mésodiphénylé.

R = H (I)
R = CH_3 (II)
R = C_6H_5 (III)

C_6H_5 O—CH_2R

C_6H_5 O—CH_2R

C_6H_5 O O (IV) C_6H_5

Le diphényl-9.10 diéthoxy-1.4 anthracène, $C_{30}H_{26}O_2$, (II) F_{inst} 246-247° et le diphényl-9.10 dibenzyloxy-1.4 anthracène, $C_{40}H_{30}O_2$(III), F_{inst} 183° ([2]) se photooxydent convenablement dans l'éther en solution très diluée en donnant les peroxydes transannulaires de structure générale (IV). Dans le sulfure de carbone, solvant habituellement utilisé pour la photooxydation, l'action est beaucoup trop intense et aboutit à la résinification complète des produits.

Comme le dérivé diméthoxylé, le photooxydiphényl-9.10 diéthoxy-1.4 anthracène, $C_{30}H_{26}O_4$, se dissocie lentement à la température ambiante, mais rapidement à 70-75° avec dégagement de 95 % de son contenu d'oxygène; cette décomposition a lieu avec luminescence. Le photooxydiphényl-9.10 dibenzyloxy-1.4 anthracène, $C_{40}H_{30}O_4$, est, par contre, notablement moins labile; il ne libère pas d'oxygène à la température ambiante et ne se dissocie complètement (rendement en oxygène 95 %) que vers 95-100° avec une luminescence de même intensité que pour le corps précédent. Dans les deux cas, on retrouve toujours l'hydrocarbure initial dans un grand état de pureté.

Le dégagement de l'oxygène à la température ambiante des photooxydes des corps I, II, III a été étudié manométriquement. Les premiers résultats obtenus (expériences en cours) indiquent, qu'à froid, le photooxyde diéthoxylé se dissocie, environ 8 fois plus lentement que le diméthoxylé alors que le dibenzyloxylé n'est pas décomposé.

Ces faits méritent une attention particulière. On voit que les alcoxyles en 1.4 abaissent d'une manière plus importante que les autres substituants la température de décomposition des photooxydes des dérivés mésodiphénylanthracéniques. De plus, l'ordre de labilité, qui va en décroissant des méthoxyles aux éthoxyles puis aux benzyloxyles, est assez surprenant. En effet, si l'on se réfère spécialement au mécanisme déjà proposé pour la décomposition des

([2]) Ces corps ont été préparés suivant la méthode connue à partir des anthraquinones convenables.

photooxydes (3) et, par exemple, à la notion bien connue d'effet inductif du méthyle (effet + I), le dérivé diéthoxylé, que l'on peut considérer comme l'homologue immédiat du diméthoxylé, devrait être le plus instable des deux. Une autre interprétation pourra être donnée plus tard, lorsque l'on aura des éléments d'information supplémentaires, en s'appuyant sur la notion d'hyperconjugaison.

La luminescence jaune vert, constatée au cours de la décomposition rapide des trois photooxydes, mérite également une attention particulière. L'intensité de la lumière émise ici, comparativement plus élevée que celle que l'on observe avec les autres photooxydes (photooxydiphénylanthracène et photooxydiphényl α-azanthracène par exemple) ne peut s'expliquer d'après les données thermochimiques (recherches inédites). D'autre part, le fait qu'il y ait émission de lumière avec dégagement d'oxygène, sans attaque du substrat carboné, suivant le schéma : $AO_2 \rightarrow A + O_2 + h\nu$, met ce phénomène à part des cas connus de chimiluminescence de corps organiques. En effet, pour ceux-ci, bien que le mécanisme ne soit pas élucidé, on admet généralement qu'il y a émission de lumière par oxydation biochimique et chimique des substances carbonées (oxydoluminescence) : cas de la luciférine, des magnésiens, des luminols, etc. La *désoxydoluminescence*, observée ici pour les photooxydes, avec une si grande netteté, sans altération de la matière organique, constitue un phénomène entièrement distinct des autres luminescences auxquelles participe l'oxygène : il mériterait une étude spéciale.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Production de quartz artificiel en cristaux de grandes dimensions*. Note de M. **Immanuel Franke** et Mlle **Marthe Huot de Longchamp**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les applications des phénomènes piézoélectriques ont accru dans des proportions considérables les besoins en cristaux de quartz; les gisements de cristaux utilisables sont insuffisants et, jusqu'à présent, les procédés de synthèse proposés exigeaient des conditions opératoires pratiquement difficiles à réaliser.

Spezia (1) utilisant les variations de la solubilité du quartz en solution alcaline en fonction de la température, obtint un accroissement d'un cristal naturel servant de germe, mais les conditions sont impropres à une fabrication industrielle.

J. Kœnigsberger (2), C. N. Fenner (3), W. Ipatieff et B. Mouromtseff (4),

(3) Ch. Dufraisse, R. Demuynck et A. Allais, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 487.

(1) *Atti. Accad. sci. Torino*, 33, p. 283-308 et 876-882; 35, p. 750-761.

(2) Kœnigsberger John et Muller Wolf, *Centr. Min.*, 1906, p. 339-348, 353-372.

(3) *J. Wash. Acad. Sci.*, 2, p. 471-480.

(4) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 647-649.

George W. Morey et B. L. Bowen (5) obtinrent par *recristallisation* de silice (vitreuse ou précipitée) à température constante, des cristaux de quartz beaucoup trop petits pour l'application industrielle.

Nacken (6) a modifié cette méthode en disposant avec la silice fondue dans le milieu alcalin un germe de quartz sur lequel la silice peut se déposer en recristallisant. Cette méthode donne des morceaux plus gros mais encore trop petits pour être utilisés en télécommunication parce que la recristallisation se produit surtout sur le corps-mère et le phénomène s'arrête. En outre, la pression est encore beaucoup trop élevée (1 000 atm.)

Le procédé décrit ici, qui est une synthèse hydrothermale comme la plupart des procédés connus, ne réclame au contraire qu'un appareillage très simple. Il utilise le phénomène de transport de silice dû à la différence de solubilité qui règne entre deux régions d'une solution alcaline portées à deux températures différentes. La faible solubilité de la silice ne permet pas un dépôt suffisant par simple refroidissement de la solution saturée. Un corps-mère, quartz ou silice vitreuse, est disposé dans la région la plus chaude ; un germe de quartz, dans la région la plus froide ; l'orientation de ce germe est fonction de la solution alcaline utilisée, qui commande les vitesses relatives de croissance suivant les différentes faces. On utilise pratiquement les faces de la pyramide ; la croissance des faces du prisme est trop lente ; celle de la base, trop rapide et irrégulière, se fait avec des inclusions.

Les températures oscillent entre 200° et 300° C. et la pression reste environ à 60 atmosphères. Suivant la solution alcaline utilisée, dont le choix n'est d'ailleurs pas restreint ($NaOH$, $LiOH$, $NaHCO_3$, Na_2CO_3, $Na_2B_4O_7$ etc.), le revêtement de l'autoclave n'est pas nécessairement en argent ou en acier spécial ; mais toutefois, une attaque même minime des parois doit être soigneusement évitée car elle présente deux dangers : cristallisations parasites et introduction d'impuretés dans le réseau cristallin qui troublent considérablement les propriétés piézoélectriques.

On a ainsi obtenu, en 3 ou 4 semaines, des monocristaux homogènes, sans inclusions, de $3 \times 2 \times 0^{cm},5$ pesant de 8 à 10^g dans de simples autoclaves cylindriques de 300^{cm^3}. Ces cristaux synthétiques étaient, aussi loin que la comparaison ait été effectuée (observations au microscope polarisant, diagrammes de Laue et Debye-Scherrer, mesures de densité, spectres d'absorption dans l'ultraviolet identiques) aux cristaux de quartz naturel et propres à des utilisations piézoélectriques.

---

(5) *Jour. Soc. Glass. Techn.*, **11**, p. 97-106.

(6) *Voir* : Tournier, *Onde Électrique*, **249**, déc. 1947, p. 447.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Nouveau mode d'obtention d'un sulfure de cuivre cubique type* Cu_9S_5 *et particularités structurales.* Note (*) de MM. **Raymond Hocart** et **Roger Molé**, présentée par M. Charles Mauguin.

En reprenant du point de vue des correspondances réticulaires de phases, les préparations de certains sulfosels de cuivre et en particulier celle de la chalcopyrite faite précédemment par Forestier et Longuet ([1]), par combinaison des sulfures simples en suspension dans l'eau, nous avons été amenés à examiner séparément les sulfures de cuivre et de fer qui sont les produits de départ.

En préparant du sulfure de cuivre par précipitation d'une solution de chlorure cuivrique au moyen de sulfure de sodium, on n'obtient pas nécessairement du sulfure cuivrique. Selon les conditions de température (20 à 80°) et de concentration relative, on obtient des mélanges en proportions variables de sulfure cuivrique type covelline et de sulfures cuivreux. L'une de ces dernières phases, précipitée à environ 60-70° est cubique et correspond au type digénite Cu_9S_5. Nous avons donc cherché à obtenir systématiquement ce dernier type à *la température ordinaire* et dans des conditions reproductibles.

On connaît plusieurs sulfures cuivreux : la chalcosine hexagonale stable selon Buerger au-dessus de 105° ([2]), la chalcosine orthorhombique à température ordinaire, qui, à 91° selon Ramsdell ([3]), ou à la température ordinaire avec un excès de 8 % de soufre, est cubique, la chalcosine cubique ou chalcosine bleue et enfin la digénite. La chalcosine cubique qui selon Buerger ([4]) se confondrait avec la digénite existe à l'état naturel : elle a été reproduite au laboratoire par Rahlfs ([5]) et Buerger ([4]). Rahlfs en a fait la synthèse par combinaison directe des éléments en prenant un excès de soufre. Buerger a fait l'étude du système $CuS—Cu_2S$ à différents pourcentages, après recuit et homogénéisation.

Pour nos expériences, nous sommes partis de chlorure cuivreux purifié par dissolution dans HCl, recristallisé et lavé avec de l'eau chargée de gaz sulfureux. Il est dissous dans HCl et étendu d'eau jusqu'à la limite de solubilité du chlorure. On laisse barboter un courant d'hydrogène sulfuré. Le sulfure ainsi obtenu est lavé avec le sulfure de carbone pour dissoudre le soufre libre, puis centrifugé, relavé à l'alcool et desséché sous vide à une température inférieure à 30°.

(*) Séance du 21 mars 1949.

([1]) *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 439.

([2]) *The American Mineralogist*, **29**, 1944, p. 55.

([3]) *The American Mineralogist*, **13**, 1928, p. 115.

([4]) *The American Mineralogist*, **27**, 1942, p. 712.

([5]) *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, Abt. B, **31**, 1936, p. 157.

L'analyse de cette substance (cuivre par électrolyse, soufre par transformation en sulfate), nous donne une composition voisine de $Cu_{9,5}S_5$ qui met en évidence un déficit de cuivre. De plus, l'analyse aux rayons X, faite à la température ordinaire, nous donne la phase cubique à faces centrées pour un produit obtenu lui-même à la température ordinaire à la différence des synthèses de Cu_9S_5 faites par Rahlfs et Buerger. D'après nos diagrammes de poudres, la phase cubique à faces centrées contient $4Cu_{1,8}S$ par maille avec $a_0 = 5,8$ Å ($K_\alpha Co = 1,790$ Å) : elle est accompagnée de chalcosine type Bristol, décelée par deux raies faibles d'espacement 2,39 et 1,88 Å.

Rahlfs [5] a étudié les diagrammes obtenus à 170° pour la chalcosine cubique de synthèse; en comparant ses résultats avec les nôtres pour la phase de température ordinaire décrite ici, nous trouvons une distribution parallèle des intensités, sauf pour les raies (222) et (400), toutes deux extrêmement faibles ici ; (222) est très faible, mais (400) moyenne chez Rahlfs. Cette divergence va en s'atténuant lorsqu'on prend pour terme de comparaison avec les déterminations de Rahlfs le diagramme de la phase obtenue à la température ordinaire et chauffée en suspension dans l'eau pendant 20 minutes à 85 et 100°. Cette dernière semble plus complexe cependant que celle de température ordinaire en raison de l'apparition de raies faibles telles que (211) qui excluent le réseau cubique à faces centrées.

Rahlfs a calculé dans diverses hypothèses structurales l'intensité théorique des raies, mais ses tableaux de valeurs ne lui permettent pas d'expliquer les intensités comparées de (222) et (400), telles qu'il les a observées. En revanche, ses calculs concordent convenablement avec notre diagramme de la phase obtenue à température ordinaire lorsque nous adoptons la structure suivante : répétition cubique à faces centrées appliquée au soufre de coordonnées 000, au cuivre de coordonnées $\frac{1}{4}\frac{1}{4}\frac{1}{4}$, et en outre statistiquement au cuivre restant, par le système uuu; $\bar{u}\bar{u}u$; $u\bar{u}\bar{u}$, $\bar{u}u\bar{u}$; avec $u = 2/3$.

Le motif partiel tétraédrique non statistique Cu et S de cette structure est celui de la blende, de la chalcopyrite et s'exprime ici par des paramètres absolus concordants pour les deux espèces (chalcopyrite $a = 5,24$ Å, $c = 10,30$ Å) [6].

Cela rend possible, dans la synthèse des sulfures produite dans l'eau vers 70°, le rôle intermédiaire de la phase cubique Cu_9S_5 comme support épitaxique de la chalcopyrite artificielle.

GÉOLOGIE. — *Le calcaire à Entroques en bordure du Morvan.* Note de M. **René Mouterde**, transmise par M. Gaston Delépine.

Le terme de calcaire à Entroques désigne autour du Morvan l'ensemble des couches calcaires de l'Aalénien majeur et du Bajocien inférieur et moyen.

---

(6) *Zeitschrift für Kristallographie*, **82**, 1932, p. 188-194.

Elles sont épaisses en Bourgogne, relativement réduites au contraire dans le Nivernais. Poursuivant l'étude du Lias et de l'Oolithe inférieur de ces régions, j'ai constaté que la réduction d'épaisseur du calcaire à Entroques s'étend à toute la bordure Ouest et Nord-Ouest du Morvan et qu'elle est encore plus accusée qu'on ne l'a dit. Les Ammonites recueillies permettent de préciser l'âge de la base et du sommet de la formation.

1. Aux environs de Nevers, la puissance de la série calcaire varie entre 4^m (Sermoize) et 8^m (Saincaize, Sain-Ouen). Si l'on se rapproche du Morvan, les épaisseurs les plus faibles enregistrées jusqu'ici se situent à 20 ou 30^{km} à l'Ouest du massif ancien : 4^m seulement à Saint-Benin-d'Azy, contre plus de 8^m à Vandenesse; à peine 4^m à Tannay, contre 10^m environ dans la région de Bazoches et Neuffontaines. C'est à l'Ouest de Clamecy, à Corvol-l'Orgueilleux que j'ai observé l'épaisseur la plus faible : $0^m,75$. Peut-être faudrait-il chercher dans l'existence d'un haut fond jalonnant approximativement l'axe du massif de Saint-Saulge là raison de ces épaisseurs minima.

A l'angle Nord-Ouest du Morvan et à peu près jusqu'à la vallée de l'Armançon, a série calcaire garde une faible puissance : 8^m à Annay-la-Côte, au Nord d'Avallon, environ 15^m au Nord de l'Isle-sur-Serein, moins de 10^m au Télégraphe de Pizy, mais davantage à la montagne de Bard-les-Époisses.

Au delà de la vallée de l'Armançon nous entrons dans le domaine bourguignon aux épaisseurs bien plus grandes : 30^m à 35^m à Montbard et Flavigny; elles sont caractéristiques de la bordure Est jusqu'à Nolay (plus de 40^m); cette forte puissance reste la règle en Mâconnais (50^m à 80^m), en Beaujolais et au Mont-d'Or lyonnais (50^m), mais au Sud même du Morvan, en Charollais, les épaisseurs se réduisent : 20^m environ à Charolles et à La Clayette.

2. Les Ammonites recueillies dont G. Dubar a bien voulu revoir les déterminations permettent de préciser l'âge de la formation.

Aux environs de Nevers, la série calcaire débute localement par 1^m ou 2^m de calcaire à larges Encrines du sommet de la zone à *L. opalinum*; il comprend le sommet de la zone à *L. concavum* (*Haplopleuroceras* sp., *Hyperlioceras acuticarinatum Dorn* à Fourchambault) et le Bajocien inférieur (grandes *Sonninia* et *Witchellia* rongées peu déterminables et, au sommet, *Otoites Sauzei* d'*Orb.*, *Kumatostephanus perjucundus S. Buckman*). Elle est surmontée par un calcaire marneux à oolithes ferrugineuses avec faune du sommet de la zone à *O. Sauzei* et de la zone à *T. Blagdeni* (Bajocien moyen). La disposition est identique avec les séries plus fossilifères à l'Ouest de la Loire (Nérondes).

A Saint-Benin-d'Azy la série calcaire renferme à sa base *Darellina* cf. *docilis* S. Buck. (zone à *L. concavum*); elle est surmontée par une oolithe ferrugineuse à *Strenoceras niortense* d'Orb. (Bajocien sup.)

Autour de Vandenesse on récolte *O. Sauzei* d'Orb., *Emileia bulligeras* S. Buck., tantôt au sommet, tantôt dans la partie moyenne des calcaires; ils sont couronnés par des couches d'oolithe ferrugineuse d'âges divers super-

posées (de *Garantia dichotoma* Bentz (Bajocien sup.) à *Morphoceras polymorphum* d'Orb. (Bathonien).

A Tannay les calcaires sans Ammonites sont recouverts par une oolithe ferrugineuse qui contient d'abord *Teloceras* cf. *blagdeniforme* Roché (Bajocien moyen) et ensuite *Garantia* sp. A Corvol le banc calcaire, réduit à $0^m,75$, sans Ammonites, est surmonté par deux oolithes ferrugineuses séparées par des marnes, la première bajocienne renferme *Gar. garanti* d'Orb., la deuxième bathonienne *Oppelia fusca* Qu., *Zigzagiceras pseudoprocerum* S. Buck. Tout l'étage Bajocien a moins de 2^m d'épaisseur en ce point.

A l'Ouest d'Avallon, à Givry, la base des calcaires contient *Ludwigella vibrata* S. Buck. (zone à *L. concava*) et les bancs suivants *Sonninia* cf. *franconica* Dorn, *Witchellia* aff. *læviuscula* Sow. (Bajocien inf.). Au Nord de l'Isle-sur-Serein la partie inférieure du calcaire renferme *Ludw. cornu* S. Buck. (zone à *L. concava*); à la base des oolithes ferrugineuses superposées on trouve souvent *Garantia Garanti* d'Orb.

En Bourgogne les Ammonites sont aussi rares : à la base des calcaires *Ludw.*, cf. *callosa* S. Buck. (zone à *L. concava*) à Montbard, *Sonninia palmata*[1] S. Buck., *S. aff. attrita*[1] S. Buck. (Bajocien inf.) à Flavigny ; *Ludw.* cf. *arcitenens* S. Buck., *Lopadoceras furcatum* S. Buck., etc., à Nolay, au Musée de Semur (¹), de rares pièces indiquent la zone à *L. Murchisonæ* et le Bajocien inférieur au Nord de cette ville. A la partie supérieure, les calcaires dits « à Gervillies » ont livré *Teloceras Blagdeni* Sow. (Flavigny, Bligny-s-Ouche); les marnes à *Ostrea acuminata* qui les surmontent contiennent *Gar. Garanti* d'Orb., *Park. Parkinsoni* Sow.

Enfin à Charolles, le calcaire fournit en bas : *Brasilia Baylei* S. Buck. (zone à *L. concava*) et en haut *Steph. Humphriesi* Sow. (Bajocien moyen); l'oolithe ferrugineuse superposée contient *Strenoceras niortense* d'Orb.

En résumé, il semble qu'autour du Morvan le calcaire à Entroques débute souvent au cours de la zone à *L. concava* ou après elle; la zone à *L. Murchisonæ* ne figure que localement alors que son rôle est essentiel au Mont-d'Or lyonnais et important en Mâconnais; la zone à *L. opalinum* est présente à Nevers et à l'Ouest de la Loire. La différence d'épaisseur observée (4 à 10^m à l'Ouest, 30^m à l'Est) est due au fait qu'à l'Ouest le Bajocien moyen (zone à *Teloceras Blagdeni*) manque ou est à l'état de couches sporadiques à oolithe ferrugineuse alors qu'il est calcaire et épais en Bourgogne ; mais d'autres causes (érosion, sédimentation réduite à cause des courants sous-marins) devront expliquer la diminution générale d'épaisseur du Bajocien inférieur à l'Ouest, particulièrement à Corvol où le calcaire à Entroques a moins de 1^m et tout le Bajocien même pas 2^m.

(¹) J. Joly; *Comptes rendus mensuels du Bulletin scientifique de Bourgogne*, 26 février 1947, p. 3.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur une variété de tourmaline sodo-manganésifère dans des filons de pegmatite des environs de Roscoff.* Note de M. **André Sandréa**, présentée par M. Albert Michel-Lévy.

Dans ces roches on trouve une tourmaline noire, bleue en lames minces, présentant des teintes de polychroïsme mauve violet.

Des recherches minutieuses ont permis de retrouver cette tourmaline dans un filon de pegmatite à microcline, quartz, muscovite et grossulaire situé à 350^{m} à l'Est de la jetée du Port de Batz, et dans les filonnets de micropegmatite écrasée à albite, quartz, topaze, apatite et grossulaire rencontrés dans une carrière abandonnée à 3^{km} S 23° SW de la station biologique de Roscoff.

A l'œil nu, la tourmaline apparaît en prismes triangulaires noirs, de $0^{mm},5$ à $1^{mm},5$ de diamètre maximum, sans dépasser $2^{cm},5$ de longueur avec de rares associations embranchées en Y (macle de Matvéeff?).

On a pu mesurer approximativement au moyen des liqueurs denses des indices suivants : n_g 1,66 (teinte de polychroïsme bleu foncé indigo); n_p 1,64 (d'un bleu pâle légèrement mauve).

La biréfringence maximum, déterminée au compensateur de Bereck est égale à 0,020.

Le minéral n'est pas homogène; les sections perpendiculaires à l'axe optique donnent une zone bleu foncé externe autour d'une zone axiale bleu clair; en outre, de toutes petites portions en bordure sont occupées par de la tourmaline brun verdâtre correspondant au schorl ferro-magnésien, commun dans la région. Les cristaux sont souvent traversés par des veinules d'une matière brune que l'examen au microscope par réflexion a permis de diagnostiquer comme limonite. Enfin, de nombreuses inclusions entourées d'auréoles polychroïques doubles mais diffuses ont dû être déterminées en immersion. Il s'agit d'un minéral disposé en grains tabulaires entassés, de forts indices et d'une biréfringence élevée, mais inférieure à celle du zircon. Une bissectrice aiguë a donné une très légère déformation des courbes isochromatiques (angle 2V ne dépassant pas 20° autour de n_g); ces caractères correspondent à la monazite.

La tourmaline a été analysée par voie chimique (analyste Patureau du C.N.R.S.) et par voie spectroscopique. Afin d'éviter la présence des matières étrangères, le matériel a été sélectionné avec toutes les précautions possibles : pulvérisation fine, séparation à l'aide des liqueurs lourdes, triage à l'électro-aimant et contrôle de la poudre à analyser au microscope.

L'analyse chimique a donné

SiO_2	33,50	Na_2O	2,65
Al_2O_3	31,80	K_2O	0,15
Fe_2O_3 / FeO	13,80	TiO_2	0,25
		P_2O_5	0,09
MnO	3,75	H_2O^+	3,30
MgO	2,00	B_2O_3	8,31
CaO	0,45	Li_2O	0
			100,05

Cette composition est représentée par la formule

$$H_4,\ Si_{10},\ Al_6,\ B_3,\ Fe_2,\ (Mn, Mg, Na_2)\,O_{38}.$$

Des essais par analyse spectrale *paraissent indiquer* la présence de traces de Ge^{++}, Cu^{++}, Sn^{+}, Ga^{+} tandis qu'un spectre de comparaison sur une schorlite commune indique en plus du Gl, Ni, Cr. Ensuite, plusieurs plaques minces ont été sacrifiées afin de procéder au découpage dans le corps même de la plaque des zones riches en inclusions; 35^{mg} ont été spectrographiés dans l'arc de 180 V. Outre des éléments observés dans le spectre mentionné plus haut ont apparu assez nettement les raies 3171,8, 3337,7, 3791, 3795, du lanthane, 4092,6 et 4134 (?) du cérium et de nombreuses raies du phosphore. Cela confirme le diagnostic microscopique de monazite, avec toutes les réserves impliquées par des mesures de longueur d'onde faites directement.

Si l'on essaie de situer cette tourmaline dans la systématique, on voit qu'elle appartient par ses teneurs en Si, Al, Fe, Mg, au groupe classique de schorls, et par ses teneurs en Na, Mn, à la famille des alcalino-manganésifères (sans lithium). Quant aux éléments présents à l'état de traces, à l'exception du germanium commun à toutes les tourmalines, l'étain et le gallium se manifestent surtout dans les schorlo-dravites. Le sodium est à peine apparent dans la formule (coefficient : 4,8/5), mais la teneur en manganèse est remarquable.

Tout ceci permet de conclure à un type de tourmaline idéalement intermédiaire entre les types alcalino-manganésifères des indigolites et la grande famille des ferro-magnésiens. Comme il est vraisemblable que chaque minéral présente des types correspondant à des variations chimiques continues, il nous a semblé intéressant de signaler un type original nettement caractérisé par ses caractères optiques et chimiques.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur l'emploi de la lumière polarisée dans l'examen microscopique des surfaces polies d'anthracite et sur la détermination des teneurs en tissus ligneux de ces combustibles.* Note (*) de M. **André Duparque**, transmise par M. Pierre Pruvost.

L'*anisotropie* des parties homogènes des anthracites signalées par Schnei-

(*) Séance du 21 mars 1949.

derhöhn et Ramdhor [1] a permis à Hoffmann et Jenkner [2] de montrer que les *pouvoirs réflecteurs* des houilles brillantes (Vitrain) sont d'autant plus élevés que leurs teneurs en matières volatiles sont plus faibles et d'attribuer leurs anisotropies croissantes au jeu de pressions plus intenses. Capdecomme [3] et Brusset [4] ont expliqué ces *anisotropies d'ensemble* par la présence de *cristallites de graphite* orientés suivant certaines directions que le premier de ces auteurs assimile à une schistosité déterminée par des pressions orientées perpendiculairement à son développement.

Pour améliorer la visibilité des *débris végétaux organisés* des houilles maigres ou anthraciteuses, j'ai tenté à différentes reprises d'utiliser la *lumière incidente polarisée* sans obtenir, en raison de leurs anisotropies trop faibles, de résultats appréciables, alors que des essais récents sur des *anthracites typiques* alpins (La Mure, Arrèches, etc., Briançonnais) ou marocains (Djerrada) m'ont permis, au contraire, de mettre clairement en évidence des structures que ne révèlent pas ou que laissent seulement deviner les examens en lumière naturelle. Des *anisotropies intenses* s'observent constamment dans les sections polies *perpendiculaires au plan de stratification* et il suffit de placer la direction de ce plan à 45° des sections principales du polariseur et de l'analyseur croisés pour provoquer l'*éclairement maximum* du ciment organique homogène sur le fond clair duquel se profilent nettement les contours des *débris végétaux isotropes* dont certains sont complètement invisibles en lumière naturelle comme le prouve la comparaison des figures 1 et 2 représentant le même anthracite de Djerrada respectivement en *lumière naturelle* (L. n.) et en *lumière polarisée* (L. p.).

En *lumière naturelle* (*fig.* 1), l'on ne distingue nettement que les limites de *quatre lames ligneuses* de *Fusain* (houille mate fibreuse) (F_6, F_9) et de *Xylain* (bois partiellement gélifié) (X_{a2}, X_{a8}), l'extrémité de la lentille de Fusain F_7 paraissant se confondre avec la lame de Xylain X_{a8} et celle de la lame de *Xylovitrain* X_{v3} (bois totalement gélifié) étant à peine visible. Le lit de houille compris entre la lame X_{v3} et la lentille F_6, divisé par deux fentes verticales de retrait ou de contraction, paraît complètement homogène et amorphe.

En *lumière polarisée* (*fig.* 2), on observe aisément *neuf lames ligneuses principales* numérotées de 1 à 9 après chaque indication de leur nature. Les limites du *Xylovitrain* (X_{v1}, X_{v3}, X_{v4}), invisibles en lumière naturelle, sont aussi nettes que celles du *Xylain* (X_{a2}, X_{a8}) ou du *Fusain* (F_6, F_9) qui sont plus floues en lumière naturelle. Le Fusain est caractérisé (F_6, F_7, F_8) par une *teinte noire homogène*, le Xylain par une *légère granulation* (X_{a2}, X_{a8}) qui diminue l'intensité de sa teinte noire et le Xylovitrain par une *teinte*

---

(1) *Lehrbuch der Erzmikroskopie*, 2, Berlin, 1931.

(2) *Glückauf*, 68, 1932, p. 81; *Fuel*, 12, 1933, p. 98.

(3) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 285.

(4) *Thèse*, Paris, 1947. (En réalité Brusset ne parle que de *pseudo-cristallites humiques à arrangement graphitoïde*.)

gris foncé homogène (X_{v3}, X_{v1}). Une petite lentille de Xylain (X_{a5}) semble avoir provoqué la déformation et la flexion de la lentille F_6 dont on ne distingue pas la cause sur la figure 1 où X_{a5} est à peu près invisible. En lumière polarisée l'hétérogénéité du lit compris entre X_{v3} et X_{a5} est mise en évidence par la présence des lames et lentilles X_{v4} et X_{v5} et de très menus débris de bois étalés parallèlement au plan de stratification mieux observables à des grossissements plus élevés. Dans les mêmes conditions d'autres lits conservent leurs apparences amorphes.

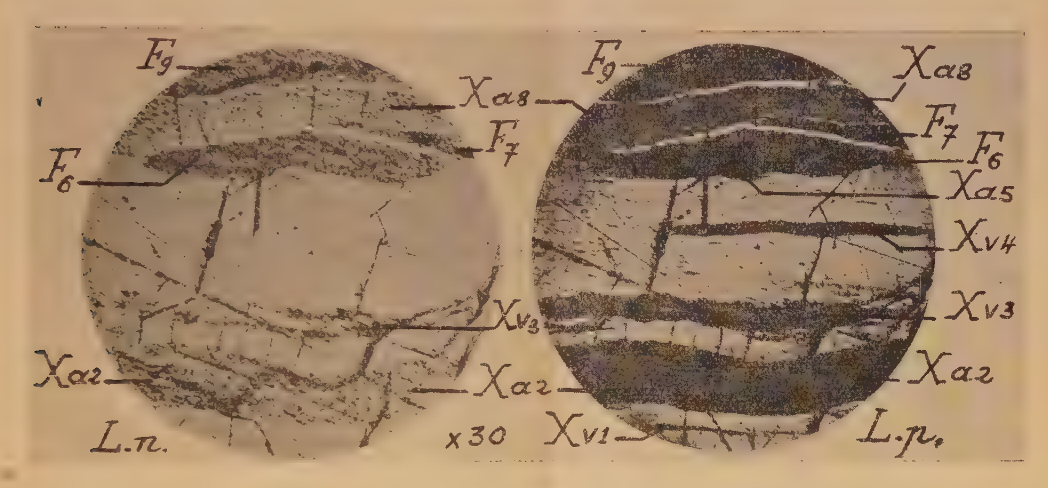


Fig. 1. Fig. 2.

En résumé, l'emploi de la *lumière incidente polarisée* utilisée seule, soit en combinaison avec la *lumière incidente naturelle*, m'a permis :

1° De mettre en évidence dans les anthracites des structures qui n'apparaissent pas en lumière ordinaire, *les débris végétaux isotropes se profilant en noir sur les fonds clairs des ciments anisotropes*. Les caractères distinctifs des trois états de fossilisation des tissus ligneux que j'ai décrits et figurés antérieurement se trouvant ainsi précisés ([1]) sans que la visibilité des structures cellulaires soit cependant améliorée.

2° De montrer *qu'il n'y a jamais passage latéral des tissus ligneux au ciment et aux lits de pâte pure* (Vitrain).

3° De mettre en évidence *l'identité de structure d'ensemble et de nature des débris organisés* des anthracites typiques, en règle générale relativement pauvres en Fusain et en tissus ligneux, et des houilles maigres ou anthraciteuses que j'ai pu décrire et figurer par le seul emploi de la lumière incidente ordinaire ([2]).

([1]) *Ann. Soc. Géologique du Nord*, 51, 1926, p. 51.

([2]) *Mémoires Soc. géol. Nord*, 11, 1933.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur les caractéristiques électriques de la basse atmosphère en bordure de l'Inlandsis groenlandais*. Note de M. **Philippe Pluvinage**, présentée par M. Charles Maurain.

Au cours de l'Expédition française au Groenland de l'été 1948 (Mission Paul-Émile Victor), l'intensité d'ionisation, la déperdition et le champ électrique de l'atmosphère ont été mesurés aux trois camps principaux. En outre, une mesure de déperdition a été faite à quelques kilomètres à l'intérieur de l'Inlandsis. La position et l'altitude des stations sont indiquées dans le tableau des mesures. Le camp I se trouvait au débouché d'une petite vallée assez évasée à 100^m environ du bord de la mer; le camp II était situé dans une vallée glaciaire assez encaissée et le camp III, sur la glace de l'Inlandsis, à une cinquantaine de mètres de la moraine. L'épaisseur de la glace y était de l'ordre de 50^m d'après la prospection gravimétrique de J. Martin.

L'intensité d'ionisation a été mesurée à l'aide d'une chambre d'un type nouveau ([1]) où, pour ne pas diminuer l'effet des particules α, les parois sont constituées par un réseau de fils fins. Malheureusement la stabilité de cet appareil d'essai qui doit fonctionner en plein air, n'est pas encore parfaite et j'évalue à 10 % l'incertitude sur les mesures en valeur relative. A cela s'ajoute pour les valeurs absolues l'incertitude sur l'étalonnage qui est de l'ordre de 5 %.

La déperdition a été évaluée à l'aide d'un appareil rudimentaire mais robuste d'Elster et Geitel. Le tableau donne seulement les valeurs relatives a_+ et a_- définies par

$$a = 10 \log \frac{V_i}{V_f},$$

V_i étant le potentiel initial, V_f le potentiel final du corps de déperdition. Les valeurs absolues de la conductibilité s'obtiendraient en multipliant ces chiffres par un facteur de l'ordre de $4 . 10^{-5}$. On sait combien l'étalonnage précisant ce facteur est incertain. L'ordre de grandeur est le même que celui obtenu par Ch. Maurain et J. Devaux ([2]) et Dauvillier ([3]) en été au Scoresby Sund.

Pour mesurer le champ électrique, un dispositif comportant une prise de potentiel à sels radioactifs, une tige d'aluminium, un support isolé au plexiglass, et un électromètre à fil construit sur les indications de R. Lecolazet, avait été fixé sur une remorque laboratoire. L'électromètre, attaché au plafond, était relié au support qui traversait le bouchon d'aération, la tige était vissée à l'extérieur sur le support et la prise était placée à mi-hauteur de la tige à 55^{cm},5 du toit. Ici encore seules des valeurs relatives ont été obtenues. Aux

([1]) P. Pluvinage et R. Utzman, *Ann. de Géop.*, **4**, 1948, p. 161.

([2]) *Ann. de l'I. P. G. de Paris*, **11**, 1933, p. 85.

([3]) *Année polaire internationale* 1932-1933, participation française, II, 1938, p. 27.

camps I et II un coefficient de réduction au plan n'avait pas de sens en raison du relief accidenté. Au camp III la fonte rendait la détermination de ce coefficient trop difficile, et incertaine.

Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant. L'intensité d'ionisation q est exprimé en paires d'ions crées par centimètre cube et par seconde. Le potentiel est exprimé en volts. Le nombre des mesures utilisées pour les moyennes est entre parenthèses.

	q (cm³ sec).	a_+.	a_-.	$\frac{a_+}{a_-}$	V (volts) moyenne des valeurs.
Camp I, alt. 45m, 69° 45′ N–50° 16′ W	10,8 (4)	5,0 (4)	3,2 (7)	1,6	39 (32)
Camp II, alt. 440m, 5km,55 à l'Est du camp I	8,4 (3)	4,5 (4)	4,4 (5)	1,0	23 (46)
Camp III, alt. 620m, 1km,47 à l'Est du camp II	3,5 (3)	3,9 (7)	1,2 (7)	3,2	63 (90)
Camp III *bis*, 710m, 3km,18 à l'Est du camp III	–	2,2 (1)	2,8 (1)	0,8	–

On note les points suivants :

1° L'intensité d'ionisation décroît brutalement entre les camps II et III. Au camp III, le rayonnement d'origine tellurique est coupé par la couche de glace. Le rayonnement de l'atmosphère est aussi très diminué puisque les gaz radioactifs ne peuvent se dégager du sol. D'après les mesures de Wölcken ([4]) le rayonnement pénétrant d'origine cosmique compte pour 2 dans le résultat obtenu. Il reste 1,5 pour les rayonnements mous.

2° La conductibilité positive décroît régulièrement à mesure qu'on s'éloigne de la côte. La conductibilité négative est plus capricieuse. Une valeur anormalement faible est obtenue au camp III comme si un effet d'électrode particulièrement accentué s'y produisait. Deux mesures faites le même jour, à quelques heures d'intervalles, ont donné pour le rapport a_+/a_-, 0,8 au camp III *bis*, 2 au camp III. L'effet serait donc localisé à la frontière de l'Inlandsis. La conductibilité totale est nettement moins forte sur la glace que sur la terre, mais la décroissance est moins rapide que celle de l'intensité d'ionisation. L'air doit donc contenir de moins en moins de gros ions, ou les gros ions changent de nature à mesure qu'on s'éloigne de la côte.

3° Le champ varie dans le sens voulu par l'action du relief. Le camp II où il est le plus faible est aussi le plus encaissé ; le camp III est le plus dégagé. On remarque que la variation est aussi en sens inverse de celle de la conductibilité totale. C'est conforme à une loi de l'électricité atmosphérique : le courant vertical est moins variable que les deux facteurs conductibilité et champ. J'ai

---

([4]) *Wiss. Erg. d. Deutsch. Grönland Exp. A. Wegener* 1929 und 1930-31, 1, p. 138.

noté une grande irrégularité du champ au camp III, avec des valeurs extrêmes positives ou négatives beaucoup plus fortes que sur terre.

En résumé, sauf pour la conductibilité positive, la bordure de l'Inlandsis présente des caractéristiques intéressantes en partie inexpliquées.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Enregistrement des variations rapides du champ magnétique terrestre au moyen d'appareils à aimant mobile.* Note de M. **Gaston Grenet**, présentée par M. Charles Maurain.

Les aimants modernes permettent de construire des magnétomètres de grand moment d'inertie (de l'ordre de 100 g/cm^2), mais de période relativement faible (une à deux secondes). Un magnétomètre ainsi constitué pourrait actionner un galvanomètre par l'intermédiaire d'un dispositif électromagnétique quelconque. L'ensemble permettrait d'enregistrer les variations rapides du champ magnétique terrestre.

Mais il se trouve que le dispositif électromagnétique peut être réduit à un simple solénoïde entourant l'aimant mobile. En première approximation l'induction du champ magnétique terrestre sur la bobine est tout à fait négligeable devant l'induction due à la rotation de l'aimant.

Ce procédé permet d'enregistrer les trois composantes des variations du champ magnétique terrestre et il est facile à mettre en œuvre.

Un appareil de ce type enregistrant les variations rapides de la composante horizontale du champ magnétique terrestre a été construit avec des moyens de fortune à l'observatoire de Tamanrasset.

La sensibilité de l'appareil dépassse 1^{mm} pour 10^{-6} gauss pour des périodes comprises entre deux et dix secondes. L'emploi d'un meilleur aimant et d'un galvanomètre mieux adapté doit permettre d'obtenir des caractéristiques d'appareil convenant encore mieux à l'enregistrement des variations rapides du champ magnétique terrestre.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la structure du g.* Trochosmilia *et sa position systématique.* Note de M. **James Alloiteau**, présentée par M. Charles Jacob.

Historique sommaire. — En fondant ce genre sur *Turbinolia corniculum* Mich., Milne Edwards et Haime lui consacrent [1] une très courte diagnose différentielle. Un mois plus tard [2], ils en donnent une description plus complète sans indiquer d'espèce-type, mais figurent *Trochosmilia Faujasi* E. H. Deux ans après [3] ils reproduisent à peu près la même diagnose et la complètent par :

---

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 467.

(2) *Ann. des Sc. Nat.*, 3e série, **10**, p. 236, Pl. V, fig. 6, Déc. 1948.

(3) *Brit. Foss. Cor.*, Introd., 1850, p. XXIV.

(Typ. sp., *Trochosmilia Faujasi* E. H., *loc. cit.*, tab. V, fig. 6). En 1851 ([4]) ils établissent une liste de 34 espèces. A compter de cette date, les paléontologistes ont accepté le genre d'Edwards et H. avec ses caractères originels.

Choix du génotype. — Certains auteurs ont adopté l'espèce du premier Mémoire : *T. corniculum;* d'autres : *T. Faujasi.* Malheureusement ces deux espèces possèdent des caractères très différents et ni l'une, ni l'autre ne peuvent prendre place dans la famille des Trochosmiliidæ Pourt. 1871.

Analyse structurale. — Elle repose, pour *T. Faujasi,* sur l'examen de l'holotype (Muséum, coll. Michelin); pour *T. corniculum,* sur celui d'un cotype recueilli dans l'Auversien de la Palarea (l'holotype, provenant des couches de même âge du Jarrier, est perdu). Une section en plaque mince de *T. corniculum* a permis d'en étudier la microstructure. Le même travail n'a pu être réalisé sur *T. Faujasi* dont l'holotype est le seul échantillon bien conservé qui soit connu de cette espèce, mais j'ai dégagé son calice et sa cavité axiale de leur gangue et pratiqué une petite fenêtre dans la muraille, ce qui m'a permis d'observer des caractères restés inconnus.

Les résultats obtenus sont groupés dans le tableau ci-après. Au bas de celui-ci, sont donnés les caractères génériques indiqués dans les diagnoses.

On peut en conclure que les deux espèces appartiennent à des genres différents et que leurs caractères ne sont pas ceux de *Trochosmilia* E. H.

Comparaisons avec d'autres genres. — *a. Turbinolia corniculum* possède des septes discontinus comme *Oppelismilia* constitués par des trabécules fasciculées ou isolées mais emballées dans des couches superposées de stéréoplasme. A la différence des Stylophylliidæ, il n'existe pas d'endothèque tabulaire et la muraille est septothécale. *T. corniculum* se distingue en outre des Montlivaltiidæ dont les septes continus sont formés de trabécules simples et composées. Cette espèce fait transition entre la famille des Stylophylliidæ et celle des Montlivaltiidæ.

b. Trochosmilia Faujasi présente la même structure septale que les Parasmiliinæ. Elle ne peut être classée ni dans le genre *Cylicosmilia,* caractérisé par une endothèque abondante, ni dans le genre *Smilotrochus,* dépourvu de columelle. Elle est voisine de *Parasmilia* et *Oxysmilia.*

Conséquences systématiques. — 1° Le g. *Trochosmilia* doit être conservé avec, comme génotype, *Turbinolia corniculum* Mich.

2° Il prend place dans une nouvelle famille, celle des Paraphylliidæ, caractérisée par :

Polypier simple. Reproduction ovipare. Muraille septothécale. Épithèque nulle. Exothèque peu abondante. Endothèque constituée par de minces traverses obliques dans toute l'étendue du lumen, sauf la région axiale. Septes à bord supérieur crénelé, non lamel-

---

([4]) *Pol. foss. des terr. paléoz.*, 1851, p. 45-48.

laires, discontinus, constitués de trabécules isolées ou soudées en faisceaux et épaissis par un dépôt latéral de stéréoplasme. Columelle fasciculaire à sommet papilleux.

Structures.	*Turbinolia corniculum* Mich. Cotype.	*Trochosmilia Faujasi* E. et H. Génotype.
Forme générale ([1])	Simple, turbiné à l'apex (80°), puis trochoïde (35°)	Régulièrement trochoïde
Bord septal supérieur ([2])	Dents larges, arrondies, inégales	Inerme
Faces latérales des septes	Granulations disposées en rangées subverticales aboutissant aux dents du bord supérieur	Nombreuses et grosses granulations en files plus ou moins régulières, subparallèles au bord supérieur
Muraille	Septothécale (par endroits subparathécale)	Septothécale
Épithèque ([3])	Nulle	Nulle
Côtes ([4])	Visibles sur toute la hauteur, épaisses, subégales, crénelées comme le bord supérieur	Visibles sur les deux tiers supérieur, obsolètes à la base, fines, peu inégales, bord tranchant plus ou moins granulé.
Exothèque ([5])	Présente, irrégulièrement répartie	Nulle
Endothèque	Traverses minces, obliques, dans toute l'étendue du lumen, mais peu abondante.	Nulle dans la région supérieure du lumen et probablement aussi dans la partie inférieure.
Columelle ([6])	Très forte, subfasciculaire à sommet papilleux (papilles très fines, très nombreuses)	Fasciculaire, constitués par des éléments tordus, plus ou moins soudés latéralement, alignés dans un seul plan.
Structure septale ([7])	Septes discontinus, surtout les jeunes	Septes compacts
Microstructure	Stylophylloïde	Inconnue

([1]) Simple, subpédicellé ou fixé par une large base. ([2]) Tranchant, inerme. ([3]) Nulle. ([4]) Simples granulées, fines, distinctes depuis la base. ([5]) Traverses abondantes. ([6]) Nulle. ([7]) Septes compacts.

3° *Trochosmilia Faujasi* se classe dans la famille des Parasmiliinæ; elle devient le type du g. *Edwardsosmilia* nov. gen.

4° Les espèces de *Trochosmilia* décrites dans son Histoire Naturelle par M. Edwards ou dans la Paléontologie française par de Fromentel, sont à répartir dans de nombreux autres genres.

5° La famille des Trochosmiliidæ Pourt., de laquelle on extrait le genre *Trochosmilia*, ne peut pas conserver son nom : nous proposerons celui de Meandriidæ.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les variations de la riboflavine, des acides nicotinique, pantothénique et ascorbique au cours de la croissance du Blé et du Pois.* Note de Mlle **Relda Cailleau**, Mme **Jeanne Lévy**, Mlle **Thérèse Terroine**, MM. **Jean Adrian** et **Raymond Jacquot**, présentée par M. Raoul Combes.

Après avoir suivi l'évolution de quelques vitamines au cours de la germination du Blé et du Pois, nous avons étendu ces recherches au cycle complet de ces deux végétaux. Ce travail n'a pas été poursuivi pour le but pratique de suivre l'accumulation des vitamines dans les parties comestibles. Il a pour objet de rechercher l'existence de corrélations ou de disharmonies dans la croissance chimique, et les résultats que nous apportons intéressent la plante entière. Les graphiques I et II représentent les variations de quatre vitamines au cours du développement. Ils traduisent les teneurs de la plante totale en fonction de son poids sec. Nous avons en outre indiqué approximativement l'état physiologique correspondant.

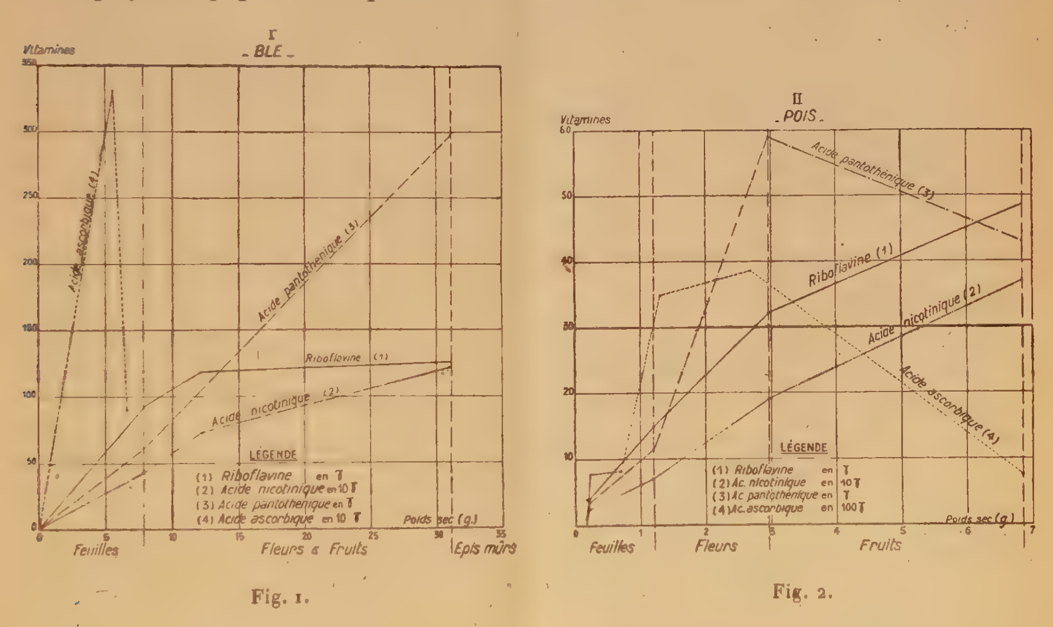


Fig. 1. Fig. 2.

Chez le Blé : la riboflavine et l'acide nicotinique augmentent surtout pendant la croissance végétative, puis tendent à se stabiliser au cours de la fructification; l'acide pantothénique croît de façon régulière tout au long du développement; l'acide ascorbique après une montée considérable retombe à un taux très bas avant la floraison et par la suite décline encore.

Chez le Pois : la synthèse de riboflavine se fait moins intensivement après fructification; l'acide nicotinique augmente à peu près linéairement avec le poids sec; la formation des fruits entraîne la chute des acides pantothénique et ascorbique.

Ce mode de représentation montre déjà qu'il n'existe aucune corrélation obligatoire entre les synthèses vitaminiques et que dans l'ensemble celles-ci sont plus intenses avant la fructification. On arrive à mieux localiser les phases de synthèse les plus actives en calculant, non plus la quantité absolue de vitamines, mais leur pourcentage par rapport au poids. Les tableaux suivants indiquent, en fonction du stade de développement, les quantités de vitamines (en γ) par g/sec.

Blé.

		Acides		
Stades.	Riboflavine.	nicotinique.	pantothénique.	ascorbique.
1 feuille	5,52	110,5	25	1046
2 feuilles	8,44	–	17	2980
3-4 »	25,08	121	15	3460
5-6 »	11,8	55	8	597
Début floraison	9,66	60	5	137
Maturation du fruit	4,02	39	9	0

Pois.

1re tige	5,68	71,4	26	213
6-8 feuilles	18,6	115,2	16	3750
Début floraison	12,5	69,5	10	9500
Début fructification	10,8	64,4	20	2680
Maturation du fruit	7,1	54,4	6	1370

On voit que les plus hauts pourcentages s'observent toujours avant qu'apparaissent les organes floraux.

En résumé, bien qu'il n'existe aucune corrélation entre les variations absolues des quatre vitamines étudiées, les teneurs les plus élevées par rapport au poids sec se manifestent toujours pendant le cycle végétatif.

Le maximum d'intensité des synthèses vitaminiques semble ainsi correspondre aux stades pendant lesquels la feuille élabore les principes immédiats qu'elle emmagasine provisoirement. Le taux vitaminique par gramme sec diminue par la suite lors des migrations intenses qui caractérisent la fin de la fécondation et s'abaisse à nouveau au cours de la maturation du fruit et de la formation des réserves.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Niobioxyfluorures d'alcaloïdes.* Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

Poursuivant nos recherches sur les fluosels d'alcaloïdes ([1]), nous avons préparé les niobioxyfluorures de la plupart des alcaloïdes précédemment

([1]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 982-983 et p. 1402-1403.

utilisés et ceci par double décomposition entre une solution aqueuse de niobioxyfluorure de potassium ($NbOF_5K_2$, OH_2) et une combinaison soluble d'alcaloïde (chlorure ou sulfate). La concentration à froid conduit à isoler les niobioxyfluorures dont l'analyse est résumée dans les tableaux suivants :

	Formule (*).	Trouvé (%)			
		OH_2.	Nb.	F.	B (**).
Quinine $C_{20}H_{24}N_2O_2$	$A(B)_2$, $4OH_2$	7,92	10,00	10,10	70,53
Quinidine $C_{20}H_{24}N_2O_2$	$A(B)_2$	0	10,94	11,05	75,38
Cinchonine $C_{19}H_{22}N_2O$	$A(B)_2$, OH_2	2,17	11,44	11,52	72,71
Cinchonidine $C_{19}H_{22}N_2O$	$A(B)_2$, OH_2	2,17	11,53	11,68	71,88
Strychnine $C_{21}H_{22}N_2O_2$	$A(B)_2$	0	10,51	10,64	76,01
Brucine $C_{23}H_{26}N_2O_4$	$A(B)_2$, $4OH_2$	6,82	8,68	8,82	73,70
Morphine $C_{17}H_{19}NO_3$	$A(B)_2$, $3OH_2$	6,46	11,14	11,61	68,02
Codéine $C_{18}H_{21}NO_3$	$A(B)_2$	0	11,67	11,92	74,89
Narcotine (***) $C_{22}H_{23}NO_7$	$A(B)_2$, OH_2	1,76	8,74	9,02	78,59
Thébaïne $C_{19}H_{21}NO_3$	$A(B)_2$, $5OH_2$	9,59	10,23	10,07	68,17
Corynanthine $C_{21}H_{26}N_2O_3$	$A(B)_2$, $4OH_2$	7,26	9,32	9,69	71,41
Corynanthéine $C_{22}H_{26}N_2O_3$	$A(B)_2$	0	10,00	10,24	78,59

(*) $A = NbOF_5H_2$;

(**) B = alcaloïde;

(***) Dans la Note sur les silicifluorures au lieu de C_{23}, lire C_{22}.

	Calculé (%)				
	OH_2.	Nb.	F.	B.	$[\alpha]_D$ (****).
Quinine	7,78	10,03	10,25	70,00	−189°
Quinidine	0	10,87	11,12	75,90	+230
Cinchonine	2,21	11,43	11,69	72,46	+153
Cinchonidine	2,21	11,43	11,69	72,46	−120
Strychnine	0	10,62	10,86	76,46	− 27
Brucine	6,76	8,71	8,90	73,94	− 24
Morphine	6,51	11,18	11,44	68,70	− 82
Codéine	0	11,55	11,80	74,42	− 94
Narcotine	1,71	8,84	9,04	78,70	+ 38
Thébaïne	9,79	10,11	10,34	67,81	−132
Corynanthine	7,14	9,42	9,63	71,98	− 68
Corynanthéine	0	9,90	10,12	78,06	+ 11

(****) Trouvé en solution aqueuse.

Le niobium a été dosé par transformation à l'état de O_5Nb_2, provenant de l'attaque sulfurique par chauffage d'abord modéré, puis au rouge naissant, puis addition de carbonate d'ammonium, chauffage modéré, enfin calcination au rouge cerise et pesée du résidu blanc à poids constant.

Le fluor a été déterminé à l'état de FClPb par emploi de l'azotochlorure de plomb en milieu nitrique (rose à l'hélianthine). Après lavage du précipité recueilli, au moyen d'eau froide saturée de FClPb, on sèche et l'on pèse à poids constant.

L'eau correspond à la perte de poids, soit à l'étuve à 100-105°, soit dans le vide en présence de O_5P_2. Enfin l'alcaloïde a été pesé, après déplacement et extraction par un solvant organique approprié et évaporation de la solution alcaloïdique dans un cristallisoir taré jusqu'à poids constant.

Les niobioxyfluorures ici indiqués sont tous remarquablement cristallisés et se prêtent, comme les silicifluorures et les zirconifluorures, à l'identification microcristalline de chacun des alcaloïdes; citons en particulier le niobioxyfluorure de thébaïne donnant lieu à de magnifiques aiguilles prismatiques, et celui de morphine à des tables prismatiques denses.

En solution aqueuse ils subissent tous une hydrolyse progressive qui affecte d'incertitude la détermination du pouvoir rotatoire dans l'eau; cependant en opérant rapidement et à froid, ayant au préalable déterminé la saturation à 15°, nous avons pu obtenir les résultats donnés seulement à titre indicatif. Les concentrations utilisées sont comprises entre $0^g,5$ et $0^g,4$ pour 100^{cm^3}, sauf pour le niobioxyfluorure de quinine (0,21), de quinidine (0,30) et de corynanthéine (0,19).

Les niobioxyfluorures étudiés répondent à la formule générale $NbOF_5H_2$ (alcaloïde)$_2$, $n OH_2$, sauf ceux de quinidine, strychnine, codéine et corynanthéine qui sont anhydres. Seule, de tous les alcaloïdes envisagés, la codéine a toujours donné des combinaisons anhydres aussi bien avec SiF_6H_2 que ZrF_6H_2 et $NbOF_5H_2$. Il a été impossible d'isoler le niobioxyfluorure de spartéine dans les conditions précitées.

ENTOMOLOGIE. — *La ponte des ouvrières de la Fourmi-fileuse* (Œcophylla longinoda *Latr.*). Note de M. **André Ledoux**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Souvent, dans les nids de la Fourmi-fileuse, on trouve des œufs et des jeunes larves élevées par de nombreuses ouvrières, en l'absence de toute femelle fondatrice.

Quelle est donc l'origine de ces œufs ? Dans des nids isolés sur des arbres, ou conservés au laboratoire, contenant exclusivement des ouvrières, on constate bientôt, quand la nourriture est suffisante, l'apparition d'œufs nombreux.

Les ouvrières sont donc responsables de cette ponte. La dissection de certaines d'entre elles montre, dans leurs ovaires bien développés, des ovules à différents stades d'évolution.

Les œufs ne sont pas tous semblables entre eux : à certaines époques, ils sont ovoïdes et ont $0^{mm},5$ à $0^{mm},6$ de long; à d'autres, tout en restant ovoïdes, ils sont beaucoup plus gros, ayant de 1^{mm} à $1^{mm},2$ de long.

L'étude de leur développement nous apprend que :

1° Les petits œufs donnent naissance, au bout d'une soixantaine de jours,

à des imagos d'*ouvrières* (à 29°C., il faut 58 jours pour obtenir une ouvrière du type *minor* et 62 pour une ouvrière du type *major*).

2° Les gros œufs livrent au bout d'une cinquantaine de jours des imagos *mâles*. La durée du développement dépend de la température de l'élevage, l'optimum se plaçant vers 28°.

3° A partir d'œufs, morphologiquement semblables aux petits, naissent de grosses larves qui, en 70 jours, se transforment en femelles. Ces larves apparaissent en petit nombre et, au laboratoire, leur élevage a échoué.

Le problème se pose de savoir si ces œufs sont fécondés ou parthénogénétiques.

L'absence de mâles, dans la plupart des nids observés et dans tous les nids mis en expérience, conduit à penser qu'ils sont parthénogénétiques. L'examen minutieux du contenu des voies génitales de très nombreuses ouvrières renforce cette idée car *aucun spermatozoïde* n'y a jamais été rencontré.

Il existe donc une *parthénogenèse deutérotoque* chez les ouvrières d'Œcophylles.

La possibilité de pondre pour de nombreuses ouvrières d'un même nid explique donc la pullulation des Œcophylles dans certaines plantations, pullulation que la fécondité des seules femelles fondatrices isolées ne saurait justifier.

Ce fait, déjà signalé par Bhattacharya [1] peut faire penser que ce mode de reproduction est le plus fréquent et le plus important.

On doit en outre se demander si la parthénogenèse deutérotoque peut se répéter indéfiniment et maintenir l'espèce sans qu'interviennent les essaimants ailés? Des expériences de longue durée, actuellement en cours, permettront de répondre à cette question.

Les faits exposés ci-dessus permettent de conclure :

1° que les ouvrières d'*Œcophylla longinoda* sont susceptibles de pondre et que leurs œufs se développent parthénogénétiquement;

2° qu'une première catégorie d'œufs, tous morphologiquement semblables et de petite tailles, donne naissance : soit à des ouvrières (*major* et *minor*) en grand nombre, ce qui contribue à augmenter considérablement la population des nids et à rendre possible la fondation de nouvelles colonies sans le secours des femelles ailées, soit à des femelles ailées;

3° qu'une seconde catégorie d'œufs, morphologiquement différents de la première, engendre des mâles.

---

(1) *Trans. Bose Res. Inst. Calcutta*, 15, 1942-1943.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Longueur d'onde de mise au point de l'œil.* Note (*) de M. **Alexandre Ivanoff**, présentée par M. Jean Becquerel.

Étant donné le chromatisme de l'œil, on peut se demander sur quelle longueur d'onde l'œil se trouve au point lorsqu'il regarde une source ponctuelle blanche.

La solution de ce problème par le calcul est assez complexe, car interviennent simultanément la diffraction par la pupille, les aberrations chromatique et sphérique, et la courbe de visibilité. En négligeant l'aberration sphérique (¹), Charles Lapicque (²) a trouvé que la longueur d'onde de mise au point de l'œil, en lumière blanche d'égale intensité énergétique et en vision diurne, était, pour un diamètre de la pupille d'entrée voisin de 5^{mm}, de l'ordre de 580 mμ (³). On pouvait donc admettre pratiquement une mise au point sur le doublet du sodium.

J'ai déterminé expérimentalement la longueur d'onde de mise au point de l'œil, en lumière blanche et en vision diurne, à l'aide d'un dispositif utilisant la lumière dirigée (⁴). La moitié supérieure de la lentille est éclairée à l'aide d'une plage blanche assez étendue pour que son image couvre largement la pupille de l'observateur, tandis que la moitié inférieure de la lentille est éclairée, par l'intermédiaire d'un miroir incliné à 45°, à l'aide d'une source ponctuelle monochromatique, de longueur d'onde réglable à volonté. Un fil vertical est tendu contre la lentille. Lorsque l'observateur déplace latéralement sa pupille, pour toute longueur d'onde de la source monochromatique autre que la longueur d'onde de mise au point de l'œil, la moitié inférieure du fil semble se déplacer latéralement par rapport à sa moitié supérieure (le point d'impact du pinceau monochromatique sur la rétine variant avec la distance de ce pinceau à l'axe de l'œil). En mettant devant l'œil un verre plus ou moins divergent, et en accommodant sur la moitié supérieure du fil, on peut effectuer la mesure pour divers états d'accommodation.

La figure représente la moyenne des résultats obtenus sur 9 yeux, avec la dispersion des mesures d'un observateur à un autre. En abscisse, l'état d'accommodation, en dioptries, et en ordonnée la longueur d'onde de mise au point correspondante.

(*) Séance du 21 mars 1949.

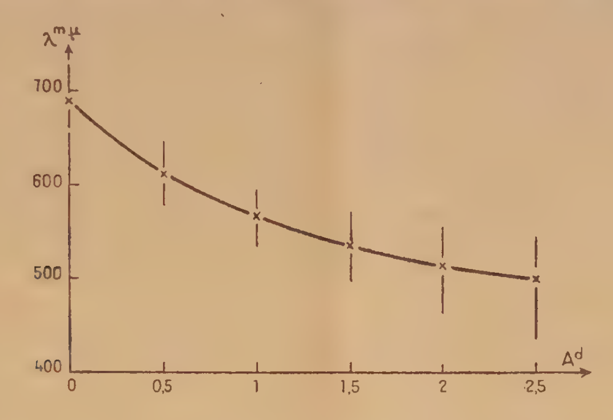
(¹) Ou tout au moins en adoptant la valeur beaucoup trop faible indiquée par Ames et Proctor.

(²) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1098.

(³) Alors que la longueur d'onde de visibilité maxima est en moyenne de 555 mμ en vision diurne.

(⁴) Le procédé de lumière dirigée consiste à recevoir sur la pupille de l'œil l'image qu'une lentille fournit d'une source lumineuse : toute la lentille apparaît alors éclairée.

Ces résultats peuvent être facilement interprétés. L'aberration sphérique de l'œil variant très fortement avec l'état d'accommodation ([5]), la longueur d'onde de mise au point, qui fait intervenir l'aberration sphérique, fait de même. La mise au point s'effectue sur le jaune pour environ une dioptrie d'accommodation, c'est-à-dire justement lorsque l'aberration sphérique de l'œil est négligeable, ainsi que le supposaient les calculs de Charles Lapicque.



Le déplacement de la longueur d'onde de mise au point de l'œil vers les courtes longueurs d'onde, durant l'accommodation, est un phénomène pratiquement très important, car, grâce à l'aberration chromatique de l'œil, il permet d'économiser notablement l'effort d'accommodation en lumière blanche. Pour 2,5 dioptries d'accommodation, la longueur d'onde de mise au point passe en moyenne de 700 mμ à 500 mμ, ce qui diminue de près d'une dioptrie l'effort d'accommodation à fournir.

BIOLOGIE. — *Sur la* régénération compensatrice *de l'opercule du Serpulide* Hydroides norvegica (*Gunn.*). Note de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

Reprenant sur *Hydroides norvegica* (Gunn.), espèce abondante dans le Vieux Port de Marseille, l'étude du phénomène de *régénération compensatrice* découvert par Zeleny ([1]) et revu par Okada ([2]), j'ai recueilli diverses données qui m'ont conduit à une interprétation nouvelle de ce processus si singulier.

1° Le développement de l'opercule rudimentaire, déclenché à volonté par une intervention portant sur l'organe fonctionnel en position symétrique, peut aboutir à des structures assez variées, notamment à des opercules munis d'un seul verticille de dents (type *Serpula*), au lieu des deux verticilles superposés

---

([5]) A. Ivanoff, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1027.

([1]) *Journ. Exp. Zool.*, 2, 1905.

([2]) *Journ. Mar. Biol. Assoc.*, Plymouth, 18, 1933.

qui définissent le genre *Hydroides* à l'état adulte. Or, les opercules à un verticille sont obtenus avec une grande fréquence lorsque la tige sectionnée de l'opercule fonctionnel n'a pas subi d'autotomie dans les premiers jours qui suivent la section. (Ce défaut d'autotomie après section est la règle générale lorsque le ver est extrait de son tube.)

L'effet d'une intervention sur l'opercule fonctionnel ne consiste donc pas seulement en la suppression d'une simple inhibition de croissance : le mode d'intervention détermine le type de structure engendré par l'opercule rudimentaire.

2° En l'absence d'autotomie, l'opercule fonctionnel complètement développé paraît, au moins dans sa portion distale, incapable de régénérer ses parties amputées. Mais, dans un opercule fonctionnel encore jeune, la tige sectionnée non autotomisée est capable de se transformer par *morphallaxis* (métamorphose) en un opercule rudimentaire, susceptible de se développer ensuite en opercule fonctionnel.

Un opercule rudimentaire au repos ou en voie de transformation, sectionné dans sa tige, est également le siège d'une régénération par morphallaxis aboutissant à la constitution d'une ébauche operculaire complète.

Enfin, la régénération de l'opercule fonctionnel (remplacement de l'opercule fonctionnel par un opercule rudimentaire) après autotomie au niveau de la « suture » est, elle aussi, le résultat d'un processus de morphallaxis, qui s'accomplit *dans la base* même, en deçà du niveau de la suture.

Les deux opercules doivent donc être conçus comme des systèmes morphogénétiques capables de *régulation* dans leurs parties et s'étendant dans la base de l'appareil branchial.

3° Cependant, l'ablation du seul verticille supérieur de l'opercule fonctionnel n'est pas suivie de régénération et ne déclenche aucune réaction dans l'opercule rudimentaire opposé.

4° Pour mettre à l'épreuve la conclusion de Zeleny, selon laquelle celui des deux organes dont le développement est le plus précoce devient fonctionnel et inhibe l'autre qui évolue en opercule rudimentaire, j'ai sectionné dans sa tige l'opercule rudimentaire en développement à des époques variées après l'ablation de l'opercule fonctionnel. Si l'intervalle séparant les deux opérations n'excède pas trois jours (à 13°), l'ancien opercule rudimentaire conserve son avance et donne un opercule fonctionnel : il y a *inversion de l'asymétrie*. Si l'intervalle est plus grand, la régénération de l'opercule fonctionnel est en avance sur celle de l'opercule rudimentaire sectionné et il n'y a pas d'inversion. La conclusion de Zeleny est donc justifiée ; mais le mécanisme de l'interaction entre les deux ébauches me semble devoir être précisé par la conception suivante :

Les deux opercules constituent deux *champs morphogénétiques* de même spécificité, en *contiguïté* par leur base dans un territoire de la partie médiane du

corps, pour la possession duquel s'exercerait une sorte de *compétition* entre les deux champs. Une amputation dans l'un des champs déclenche un processus de régulation qui le concentre en quelque sorte, réduit son rayon de dominance dans la base commune et permet ainsi au champ opposé de s'y étendre. Un nouvel équilibre de répartition du territoire médian entre les deux systèmes, *déterminé* au bout de quelques jours, règle leur mode de développement ultérieur. On voit que cette conception ne fait pas intervenir un prétendu pouvoir inhibiteur exercé à distance par l'opercule fonctionnel, mais un équilibre dynamique entre deux ébauches durant leur période de détermination, comparable à celui qui régit la polarité axiale et l'hétéromorphose polaire dans la régénération de nombreux Invertébrés.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la descendance d'un mâle polydactyle de Crapaud ordinaire* (Bufo bufo). Note de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai tout récemment ([1]) signalé que la polydactylie des pattes postérieures, chez le Crapaud ordinaire (*Bufo bufo*), pouvait se transmettre à la manière d'un caractère mendélien : croisant un mâle polydactyle (six doigts) avec une femelle normale (cinq doigts), j'ai obtenu, en F_1, 50 % de produits à cinq doigts et 50 % de produits à six doigts, ce qui s'explique en admettant que le gène de polydactylie est dominant sur l'allèle normal, et que le mâle employé était hétérozygote pour ce gène. Mais un deuxième croisement du même type, réalisé avec d'autres sujets, m'a fourni des résultats tout différents. Dans ce cas, la F_1 tout entière s'est montrée normale quant au nombre des doigts (480 individus examinés) ([2]).

Il est permis de penser, ou bien que, chez le mâle en question, la polydactylie constituait un accident somatique non transmissible, ou bien que, chez le Crapaud, la polydactylie peut se présenter sous deux formes, l'une dominante, l'autre récessive ([3]). D'autres hypothèses pourraient d'ailleurs être faites, mais qu'il est inutile de développer, car, la génétique des Batraciens vient à peine de naître, et il importe surtout de recueillir des faits.

Toujours est-il que, dans la F_1 de ce deuxième croisement entre mâle polydactyle et femelle normale, plusieurs anomalies se sont manifestées, dont voici le détail :

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 778-779.

([2]) La ponte, partiellement fécondée, avait donné 740 éclosions; la mortalité ayant été élevée parmi les jeunes larves, il n'en restait plus que 641 au bout d'un mois, 567 après trois mois. C'est à ce moment que les larves furent examinées.

([3]) D'après Claussen (*Nord Médical*, 24 mai 1946), une certaine forme de polydactylie, dans l'espèce humaine, se transmettrait comme un caractère récessif; elle s'accompagnerait de malformations linguales. En général, chez l'homme comme chez les animaux, la polydactylie se transmet suivant le mode dominant.

1° 27 larves ont les narines très proches, contiguës, ou même *confluentes*. Quand l'anomalie est à son maximum, l'animal présente, au niveau des narines, une petite ouverture légèrement arquée, à convexité antérieure : on dirait une petite bouche supplémentaire. Ces larves, en général, sont vigoureuses; elles se développent régulièrement; leur taille est normale ou subnormale; rien n'indique, à l'âge de quatre mois, qu'elles doivent périr avant d'avoir terminé leur métamorphose.

Cependant, six larves à narines confluentes périrent dans les premières semaines qui suivirent l'éclosion; elles présentaient, outre l'anomalie des narines, une déformation très curieuse de la région buccale, qui s'allongeait en une *petite trompe*.

Deux larves à narines confluentes sont atteintes d'albinisme partiel; les yeux sont normalement pigmentés, mais le corps est de couleur très claire, jaune doré, par suite d'une contraction permanente des mélanophores. Il s'agit à peu près sûrement d'une déficience hypophysaire, plus ou moins analogue à celle qu'ont signalée A. Dalcq et A. Dollander chez un embryon cyclope de Triton (*Triturus helveticus*), obtenu expérimentalement par séparation des blastomères ventral et dorsal ([4]). L'une des larves partiellement albiniques est frappée de nanisme (1^{cm},2 au lieu de 3^{cm},4, taille des témoins), et ne présente même pas de bourgeons de pattes postérieures, alors que ces pattes sont complètement développées chez les témoins; l'autre larve, de taille subnormale, montre un sensible retard de développement ([5]).

2° Deux larves à narines normales, présentent un albinisme partiel, par contraction des mélanophores; elles sont de taille quasi normale, et à peine un peu retardées dans leur développement.

3° Quatre larves montrent une petite protubérance conique à l'extrémité du museau. Chez l'une d'elles, cette protubérance, translucide, porte à son extrémité des formations cornées, analogues à celles qui constituent la denture.

Il est, pour l'instant, impossible de dire s'il existe un lien entre ces anomalies et la polydactylie du parent paternel ([6]), ni de préciser les rapports des diverses anomalies entre elles; mais, étant donné le nombre relativement élevé des larves anormales (près de 5 %), l'on ne peut pas douter qu'il n'y ait eu, dans cette descendance, une perturbation de nature génétique.

Outre des anomalies bien caractérisées, cette descendance comportait, d'ailleurs, des larves naines, ou à développement très retardé (pattes non développées au bout de quatre mois), et aussi des larves présentant une déformation de l'opercule.

([4]) *Sur les phénomènes de régulation chez le Triton après séparation des deux premiers blastomères et sur la disposition de la pellicule (coat) dans l'œuf fécondé et segmenté* (*C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 1307).

([5]) Ces 27 larves anormales (sauf les larves *à trompe*, reconnues plus précocement), et aussi les larves indiquées ci-dessous, ont été isolées au bout du premier mois, donc parmi 641 individus.

([6]) D'après Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, il y aurait un lien entre la polydactylie et la cyclocéphalie : « On peut dire, avec toute assurance, les monstres cyclocéphaliens sexdigitaires, moins rares que ceux dont les doigts sont en nombre normal » (*Histoire générale et particulière des anomalies de l'organisation chez l'homme et les animaux*. Paris, 1932, p. 410.)

Pour ce qui est des deux anomalies les plus frappantes (narines contiguës ou confluentes, albinisme partiel), je ne les ai, jusqu'ici, jamais observées dans la nature, ni chez les têtards, ni chez les adultes (milliers d'individus examinés). Elles paraissent, cependant, l'une et l'autre, compatibles avec une vie normale.

GÉNÉTIQUE. — *Effets de la polyploïdie chez un Nématode libre.* Note de M. **Victor Nigon**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Une étude précédente (1) a montré que, chez un Nématode libre hermaphrodite, *Rhabditis elegans* Maupas, les cellules germinales peuvent, sous l'action de la chaleur, donner des gamètes dans lesquels les chromosomes sont en nombre supérieur au chiffre normal. Il en résulte l'apparition d'animaux, parfois intersexués, munis d'un stock chromosomique déséquilibré.

Durant un essai pratiqué en août 1948, des hermaphrodites adultes de cette espèce ont été soumis à une température de 25° C. pendant 24 heures. Dans la descendance des animaux ainsi traités apparut un hermaphrodite d'une fécondité faible : il fournit seulement 22 descendants, tous de grande taille. Un examen cytologique montra que ceux-ci étaient tétraploïdes, le nombre de leurs chromosomes s'élevant à 24. Cette souche s'est maintenue, par autofécondation, sous sa forme tétraploïde, à travers 36 générations et continue à se reproduire.

Par leurs traits anatomiques, les individus tétraploïdes diffèrent peu des diploïdes habituels. Cependant par la grande taille qu'ils atteignent dès leur maturité sexuelle, on distingue aisément les animaux tétraploïdes. Ceux-ci manifestèrent, durant leurs premières générations, une variabilité peu commune. Une proportion appréciable d'entre eux montrait alors une taille réduite ou une croissance ralentie, ou encore une mortalité larvaire importante. En outre, leur fécondité pouvait varier dans une large mesure, en restant toujours inférieure à la fertilité de la forme diploïde. Certains hermaphrodites fournissaient des descendances composées exclusivement d'hermaphrodites, d'autres donnaient une proportion importante de mâles. Par sélection, il a été possible d'isoler deux lignées à l'intérieur desquelles les caractères spécifiques sont désormais mieux fixés.

Dans une lignée thélygène, on trouve, en moyenne, 0,5 % de mâles seulement. Dans une lignée allélogène, par contre, les deux tiers des hermaphrodites donnent, par autofécondation, une descendance qui comporte une forte proportion de mâles : sur 165 hermaphrodites de cette lignée, 102 ont donné au total 706 mâles et 1212 hermaphrodites, soit 36,8 % de mâles. Les 63 autres ont donné 825 hermaphrodites et aucun mâle.

---

(1) V. Nigon, *Les modalités de la reproduction et le déterminisme du sexe chez quelques Nématodes libres* (*Ann. sc. nat.*, 1949) (sous presse).

Enfin, cette souche a produit quelques animaux retournant à l'état diploïde. Ils se distinguent des tétraploïdes par leur aspect ramassé, par leurs dimensions, identiques à celles de la forme diploïde initiale, ainsi que par leur fécondité, inférieure toutefois à celle de la souche diploïde originelle. Dans une lignée de ce type sont apparus, en outre, des individus d'une taille très réduite, semblables, par leur aspect, au mutant *micro*, issu de *Rhabditis elegans brevis* (²). Mais tandis que la forme *micro* se comporte, dans les croisements, comme un caractère monofactoriel récessif, la descendance des individus nains comprend, cette fois, une majorité d'animaux de taille normale accompagnée, irrégulièrement, d'individus plus petits ou nains : il n'a pas été possible, jusqu'à présent, d'isoler par sélection une forme naine stable.

Le tableau suivant contient les dimensions moyennes relevées sur des animaux parvenant à maturité sexuelle dans chacun des types suivants : dans la colonne 1, hermaphrodites de la forme diploïde originelle; 2, mâles de la forme diploïde initiale; 3, hermaphrodites de la lignée tétraploïde thélygène; 4, hermaphrodites de la lignée tétraploïde allélogène; 5, mâles de la lignée tétraploïde allélogène; 6, hermaphrodites d'une lignée diploïde par retour (forme normale); 7, hermaphrodites d'une lignée diploïde par retour (forme naine).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
L du corps.....	1300±150	1000±150	1560±100	1360±100	1150±100	1250±50	1025±50
l du corps.....	80±10	50±5	90±10	75±5	66±5	85±5	75±10
L œsophage....	190±20	170±5	235±15	230±10	205±10	175±5	160±10
l cav. bucc.....	4±0,5	3±0,5	5±0,5	5±0,5	4,5±0,5	4±0,5	4,5±0,5
L cav. bucc....	15±1	14±1	18±1	17±1	16±1	14±1	11±1
V.............	51		51	50		52	53
L de la queue...	190±20		235±10	240±20		195±15	120±10
Vol des œufs...	0,043		0,062	0,055		0,041	0,036
O............	6 à 10		4 à 10	5 à 10		5 à 10	2 à 10
Fécondité.....	260		21	17		83	
L des spicules..		37±2			42±2		

Abréviations. — L, longueurs en microns; *l* largeur; cav. bucc., cavité buccale; V, position de la vulve en % de la longueur du corps; Vol, volume exprimé en 10^{-3} mm³; O, nombre d'œufs contenus dans les utérus.

Ainsi la production d'une forme tétraploïde, chromosomiquement équilibrée, a déterminé l'apparition d'une variabilité importante qui a continué à se manifester dans une lignée revenue à l'état diploïde. Certaines formes issues de cette variabilité ont pu être fixées par sélection, bien que d'une manière encore incomplète. Il apparaît désormais nécessaire d'analyser, à l'aide de croisements, les facteurs génétiques, qui sont intervenus dans les variations observées.

(²) V. Nigon et E. C. Dougherty, 1949. A mutant type of *Rhabditis elegans brevis*. *Genetics* (sous presse).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Réactivation par la chaleur de la triosephosphate déshydrogénase.* Note de MM. **Louis Rapkine** (†), **David Shugar** et **Louis Siminovitch**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le phénomène que nous décrivons a été observé au cours d'une étude sur la cinétique de l'inactivation par la chaleur de la triosephosphate déshydrogénase (TPD), enzyme qui catalyse l'oxydation de l'aldéhyde phosphoglycérique en acide phosphoglycérique dans la dégradation des hydrates de carbone.

L'enzyme est préparé par la méthode de Cori et de ses collaborateurs [1] et recristallisé six fois. Les mesures d'activité se font en suivant la réduction du coenzyme au spectrophotomètre de Beckmann.

Une solution d'un enzyme, inactivé partiellement par séjour à 0° C. pendant plusieurs semaines, est portée à la température de la pièce. A ce moment un chauffage de la solution à une température voisine de 60° C. provoque une réac-

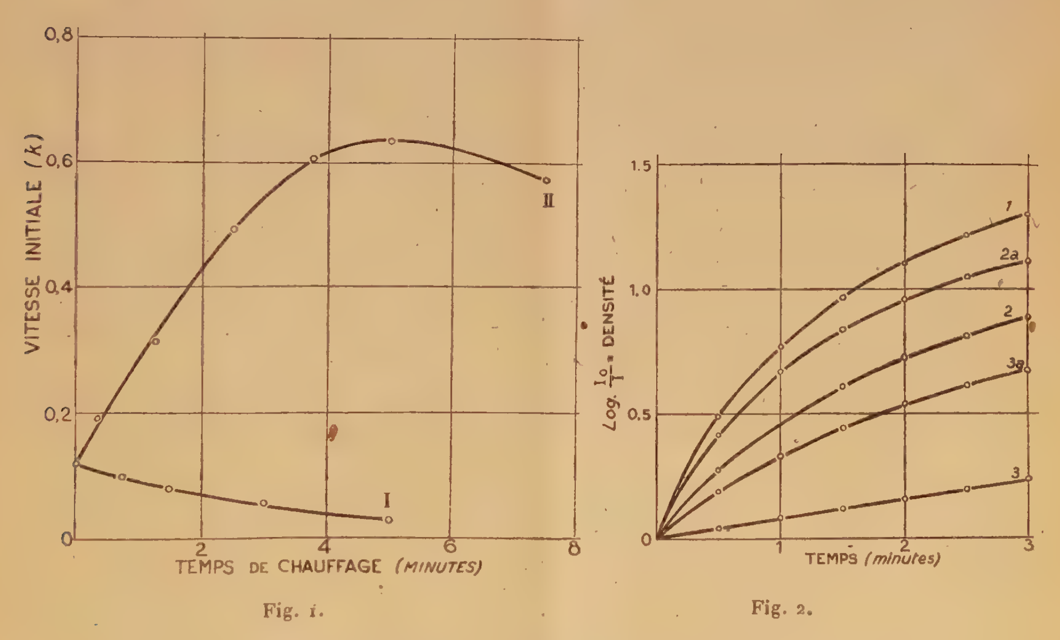


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1. — Activation en tampon phosphate pH 5,6 à 60° C.
(1) Inactivation d'un enzyme frais. (2) Activation d'un enzyme inactivé partiellement.

Fig. 2. — Marche de la réaction avant et après chauffage.

tivation partielle. Au contraire, un échantillon normal de TPD porté directement à 60° s'inactivera avec une constante de vitesse du premier ordre de

(1) G. T. Cori, M. W. Slein et C. F. Cori, *J. Biol. Chem.*, 173, 1948, p. 605.

0,18 min^{-1} (²). La figure 1 montre cette différence de comportement pour des solutions dans un tampon de phosphate à pH 5,6 et chauffées à 60° C. pendant des temps variables. L'activité enzymatique retrouvée après chauffage dépend du pourcentage d'inactivation préalable comme le montre le tableau 1.

Tableau I.

Activation par chauffage à 62°, 5 C. *pendant* 2,5 *minutes*

(après perte d'activité en tampon phosphate 0,04 M pH 5,6).

Inactivation en tampon PO_4 (% d'activité originale).....	39	47	57	93
Activation (% d'augmentation)........................	11	16	16	500

La figure 2 montre la baisse d'activité enzymatique en tampon phosphate et sa réactivation par la chaleur. La courbe 1 représente la marche de la réaction quand l'enzyme est employé immédiatement après avoir été placé en milieu tamponné. La courbe 2 correspond à l'emploi de l'enzyme après quelques heures, et 2*a* après un chauffage de 2 minutes et demie à 62°, 5 C. La courbe 3 correspond à un enzyme ayant subi une plus grande inactivation et 3*a* à cet enzyme après 2 minutes et demie de chauffage à 62°, 5 C.

L'activation par la chaleur est fonction de l'activité résiduelle. Au cours d'une longue série d'expériences, il ne nous a pas été possible de réactiver un enzyme complètement inactivé ni d'activer une solution fraîche d'enzyme. L'activation par la chaleur est aussi fonction du temps et de la température. Une étude préliminaire de l'activation par la chaleur en fonction du temps dans un intervalle de température variant entre 55 et 62°, 5 C. indique que l'énergie d'activation du processus total n'est pas constant.

Jusqu'à présent, ce phénomène a été observé sur trois préparations différentes d'enzyme, dans plusieurs tampons, avec ou sans antiseptiques, et à divers pH. Au cours de ces essais, nous avons observé en dehors de tout chauffage une activation à pH 6,0 en présence d'arséniate 0,04 M. Un chauffage à 60° C. produisait une nouvelle activation.

Nos résultats doivent être rapprochés de ceux décrits par Gabriel Bertrand et Michel Rosenblatt au sujet de la sucrase (³) et de ceux tous récents de Hofstee (⁴) à propos de l'uréase qui est aussi un enzyme à SH (⁵).

(²) Ces résultats seront publiés ultérieurement.

(³) *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 1455 et 1608; *Id.*, p. 1823.

(⁴) *J. Gen. Physiol.*, 32, 1949, 339.

(⁵) Le détail de nos expériences sera donné prochainement dans un mémoire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des propriétés antituberculeuses de l'oxyasiaticoside* (*Dérivé hydrosoluble de l'asiaticoside extrait de* Centella asiatica). Note (*) de M. **Pierre Boiteau**, Mlle **Marie Dureuil** et M. **Albert Rakoto-Ratsimamanga**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Dans des Notes antérieures, Buu-Hoï et A. Rakoto-Ratsimamanga ([1]) en étudiant les propriétés physiologiques des acides gras ramifiés dont la constitution se rapproche de celle de l'acide phtioïque, ont insisté sur le rôle essentiel que semblent jouer les fractions lipidiques des constituants du Bacille de Koch dans l'étude de la tuberculose. J. Paraf, Desbordes et Gagniant ([2]), en utilisant les mêmes corps ont réussi à provoquer des manifestations dermiques caractéristiques ressemblant à celles qu'on obtient avec la tuberculine.

A la suite de ces travaux, Buu-Hoï et A. Rakoto-Ratsimamanga ([3]) ont émis l'hypothèse que le problème de la tuberculose pouvait être, en grande partie, traité comme un problème des lipides hétérogènes créés par des corps étrangers au sein de l'organisme. Ces lipides inhiberaient l'action des systèmes diastasiques normaux. Cette hypothèse est renforcée par les recherches récentes de N. Haworth, P. W. Kent et M. Stacey ([4]) qui ont pu montrer que les fractions antigéniques les plus actives isolées du B. K. humain sont des lipides associés à l'acide désoxyribonucléique et à un polysaccharide spécifique. Dans ces conditions il est intéressant d'étudier sur le B. K. l'action de substances telles que les saponines qui, comme on le sait, agissent sur les lipides et retardent considérablement la multiplication du bacille en culture ([5]). Toutefois, l'expérimentation de tels corps *in vivo* était rendue impossible en raison de leur pouvoir hémolytique et de leur très forte toxicité.

Les recherches récentes de P. Boiteau, A. Buzas, E. Lederer et J. Polonsky ([6]) ont montré que l'asiaticoside est constitué par la combinaison de plusieurs molécules de sucres à un acide triterpénique, l'acide asiatique, dérivé de la β-amyrine et par conséquent très voisin des constituants essentiels de nombreuses saponines ([7]). Par ailleurs Grimes et Boiteau ([8]), en utilisant l'oxyasiaticoside contre la lèpre, ont montré l'absence de pouvoir hémolytique de ce corps et émis l'hypothèse qu'il agissait également sur la fraction lipidique du Bacille de Hansen. L'oxyasiaticoside a pour aglycone l'acide asiatique

(*) Séance du 21 mars 1949.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 137, 1943, p. 189-369.

([2]) *Loc. cit.*, 138, 1944, p. 175.

([3]) *Loc. cit.*, 138, 1944, p. 278.

([4]) *Journ. Chem. Soc.*, 1948, p. 1220.

([5]) R. Dostal, *Frankfurt. Zeitschr. f. Pathol.*, 19, 1916, p. 198.

([6]) *Nature*, 163, 1949, p. 258 et *VIIIe Congrès Chim. Biol. Paris*, 1948 (sous presse).

([7]) C. R. Noller, *Ann. Rev. Biochem.*, 14, 1945, p. 383.

([8]) *Rapp. Ann. Parc Bot. et Zool. Tananarive*, 1944.

comme l'asiaticoside lui-même. Il nous a donc paru intéressant d'étudier s'il possède des propriétés antituberculeuses.

Mis à part les animaux utilisés aux expériences préliminaires comprenant 20 rats, 20 souris et 10 cobayes, nos résultats portent sur 20 cobayes de 400^g stabilisés et équilibrés tant au point de vue vitaminique qu'énergétique. Ils ont été inoculés, sous la cuisse gauche, de 0^{mg},0005 environ d'une souche de B. K. connue et contrôlée afin de pouvoir provoquer une tuberculose atténuée. La moitié des animaux ont reçu à partir du 15e jour 0$^{cm^3}$,5 de solution aqueuse d'oxyasiaticoside à 4 %, deux fois par semaine (voie sous-cutanée). L'autre moitié sert de témoins. Témoins et traités ont été sacrifiés au bout de 68 jours.

Les animaux non traités ont tous présenté de nombreuses et grosses lésions (foie, rate, poumons et ganglions). Le foie et la rate sont fortement hypertrophiés et profondément altérés.

Chez ceux qui ont été traités, les lésions sont plus discrètes, les réactions ganglionnaires moins marquées. Au niveau de la zone d'injection de l'oxyasiaticoside, les tissus, après une période plus ou moins longue d'œdème, deviennent fibreux tandis que les masses ganglionnaires sont englobées dans des amas fibreux durs. Le foie et la rate conservent leur couleur et leur volume presque normaux avec des lésions très discrètes.

En estimant à 100 le maximum de lésions, voici, sous forme de tableau, les chiffres observés chez les animaux traités et non traités. Le volume de la rate de l'animal normal étant fixé à 1, l'augmentation de volume est indiquée par le chiffre indiqué.

	Animaux non-traités.	Animaux traités.	Normaux.
Foie	33	20	0
Poumons	60	30	0
Ganglions	43	16	0
Rate	83	33	0
Volume de la rate	5	2	1

Il y a lieu de signaler que l'oxyasiaticoside possède certaines propriétés bien connues des saponines (⁹) et peut provoquer des effets analogues : hémorragies, asthénie, etc., mais seulement à hautes doses. On sait (¹⁰) pour la githagine par exemple que les propriétés toxiques des saponines sont liées à leur action sur la surrénale.

In vitro, la solution d'oxyasiaticoside produit une nette inhibition de la croissance des cultures de B. K. après une première phase de développement normal ou parfois même légèrement accéléré, à partir d'une concentration de l'ordre de 0,015 mg/cm^3.

La supériorité de l'oxyasiaticoside réside dans le fait que, malgré sa parenté

---

(9) KOFLER, *Die Saponine*, Wien, 1927.

(10) BUU-HOÏ, J. JANICAUD et A. RAKOTO-RATSIMAMANGA, *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944, p. 486.

chimique étroite avec certaines saponines, il existe une grande marge de sécurité entre la dose toxique et la dose antituberculeuse.

En résumé, il semble bien que l'oxyasiaticoside possède de réelles propriétés retardatrices sur l'évolution de la tuberculose expérimentale du Cobaye ([11]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Désoxyribonucléoprotéines de tissus cancéreux (épithélioma atypique du Rat).* Note de Mmes **Yvonne Khouvine** et **Jana Grégoire**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons donné quelques résultats d'extraction et d'analyse des *désoxyribonucléoprotéines* de l'épithélioma atypique du Rat au Congrès international de Chimie de Londres (juillet 1947). Depuis, nous avons étudié une plus grande quantité de tissu et séparé des fractions d'assez grande pureté. Nos premières extractions étaient faites sur quelques tumeurs seulement et cela nous obligeait à conserver dans le vide, sur P_2O_5, la faible quantité des produits obtenus à chaque opération. Mais ces produits devenaient lentement insolubles et nous risquions d'étudier des substances n'ayant plus qu'un rapport lointain avec celles que contenaient les cellules. Aussi, avons-nous conservé à $-10°$ les tumeurs elles-mêmes, après avoir séparé le tissu nécrosé du tissu cancéreux, jusqu'à ce que nous en ayons une quantité suffisante.

Après avoir extrait les *ribonucléoprotéines* par NaCl 0,14 M ([1]), on traite les tissus, dans le Waring blendor, avec 1-2 fois leur poids de NaCl à 10 % (opérations faites à 0°). On centrifuge 1 heure à 4500 t/min et l'on verse la solution très visqueuse dans quatre fois son volume d'eau. On recueille un précipité de nucléoprotéines brutes qui, pour le tissu cancéreux, s'enroulent autour d'un agitateur recourbé. On lave avec un peu d'eau et l'on purifie par deux redissolutions dans NaCl à 10 % et précipitation par l'eau, puis par trois redissolutions dans l'eau et précipitation par NaCl (c. finale 2 %). Les liquides contenant NaCl à 2 % sont finalement précipités par l'alcool. Toutes les fractions ont été analysées; la plupart contiennent du phosphore.

Nous avons particulièrement étudié deux nucléoprotéines purifiées par les dissolutions successives ci-dessus et qui sont, finalement, solubles dans l'eau. L'une provient du tissu nécrosé, l'autre du tissu cancéreux.

La désoxyribonucléoprotéine du tissu nécrosé est assez soluble dans l'eau (8 ‰) et la solution reste limpide après une centrifugation d'une heure à 18000 t/min. On ne l'obtient jamais, même à la première précipitation, en longues fibres. Elle dépose lentement, ne peut être séparée que par centrifugation, et quelquefois même, qu'après addition d'alcool. Elle contient 4,07 %

([11]) Nos résultats sont confirmés par les recherches récentes de P. Boiteau et R. Saracino (*Le Médecin Français*, 1948, 10 octobre) sur la tuberculose externe humaine (Lupus).

([1]) Mme Yvonne Khouvine et Mlle Marie-Louise Levy, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 870.

de P, 15,45 % de N, soit $N/P = 3,8$. L'électrophorèse à pH 6,2 dans $PO_4Na_2HM/80 + PO_4K_2HM/80$, avec l'appareil de Tiselius, montre qu'elle est homogène à 5-10 % près. Aussi avons-nous essayé de séparer l'acide de la protéine.

On ajoute, à la solution aqueuse de nucléoprotéine, HCl jusqu'à ce que la concentration finale en HCl soit 0,2 N. On épuise le précipité deux fois par HCl 0,2 N et les liquides acides sont réunis et additionnés de NaOH jusqu'à pH 11. On redissout deux fois dans HCl 0,2 N en reprécipitant à pH 9,5. La protéine obtenue, séchée à l'alcool et à l'éther, contient 15,0 % d'azote et ne contient plus de phosphore.

Le résidu de l'extraction par HCl est traité par la méthode de Sevag-Mirsky (solution dans NaCl 10 % + NaOH à pH 9-10) en agitant 1/4 d'heure avec l'appareil à broyage de bactéries. A la troisième agitation, le gel chloroformique est négligeable. On sépare la protéine du gel par l'alcool. Elle contient encore 3 % de phosphore et ne contient que 9,2 % d'azote. La solution alcaline est additionnée de HCl et d'alcool. Il se forme de fines gouttelettes qui rendent la solution trouble. On les sépare en centrifugeant à 18000 tours-minute, on lave et l'on sèche. Le précipité est de l'*acide désoxyribonucléique* très pur : $P = 9,0\%$, $N = 16,7\%$, soit $N/P = 1,67$, N purique $= 9,8$. Avec 106^g de tissu nécrosé frais, nous avons obtenu 385^{mg} de nucléoprotéine purifiée et, à partir de celle-ci, 43^{mg} de protéine soluble dans HCl 0,2 N, 34^{mg},8 de protéine impure (par la méthode de Sevag) et 55^{mg} d'acide désoxyribonucléique à 92 % d'acide pur.

Les protéines ont été hydrolysées par HCl 6 N au bain-marie bouillant, en tube scellé. Par chromatographie sur papier nous avons mis en évidence des acides aspartique et glutamique, de l'alanine, de la sérine, du glycocolle, de la leucine, de la théonine, de la valine, de l'arginine (environ 10 %). Dans l'hydrolysat alcalin, nous avons recherché la tyrosine et le tryptophane. La réaction du tryptophane est négative, celle de la tyrosine positive.

La désoxyribonucléoprotéine du tissu cancéreux a une faible solubilité dans l'eau. Si l'on dépasse 2,3 ‰, il se forme un dépôt par centrifugation à 16000 t/min. Si l'on ne dépasse pas 2,3 ‰, la solution reste limpide, même après une heure de centrifugation à 18000 t/min, mais la concentration est alors trop faible pour qu'on ait une image nette avec l'appareil de Tiselius. En outre, à ce degré de purification, la nucléoprotéine ne précipite plus en longues fibres. Elle contient 3,04 % de P, 16,85 % de N, soit N/P 5,55 et l'acide désoxyribonucléique correspond au phosphore. Nous avons traité cette nucléoprotéine comme celle du tissu nécrosé, mais nous en avons obtenu trop peu pour faire toutes les analyses. 226^g de tissu cancéreux nous ont donné 83^{mg} de nucléoprotéine purifiée, 5^{mg} de protéine soluble dans HCl 0,2 N, 2^{mg} de protéine par la méthode de Sevag et 4^{mg} d'acide désoxyribonucléique.

Les premières analyses chromatographiques sur papier sont très voisines de celles des hydrolysats des protéines du tissu nécrosé.

En résumé, nous avons extrait deux désoxyribonucléoprotéines qui, à la solubilité près, paraissent les mêmes. Peut-être proviennent-elles toutes les deux du tissu nécrosé, car il est difficile de bien séparer le tissu nécrosé du tissu cancéreux non nécrosé. Les protéines solubles dans HCl 0,2 N ne sont pas très riches en acides aminés basiques et, contrairement aux histones les mieux connues, elles renferment un grand nombre d'acides aminés. Quant à la protéine du gel chloroformique, il n'est pas encore certain qu'elle diffère de la protéine soluble dans HCl, bien que nous n'ayons pu l'extraire par ce solvant. Enfin, les taux de P, N et désoxyribose de l'acide désoxyribonucléique sont presque théoriques; N purique seul est un peu faible (environ de 10 %). Bien que ces résultats rapprochent cet acide de celui du thymus de Veau, il peut en différer par le mode et le degré de polymérisation.

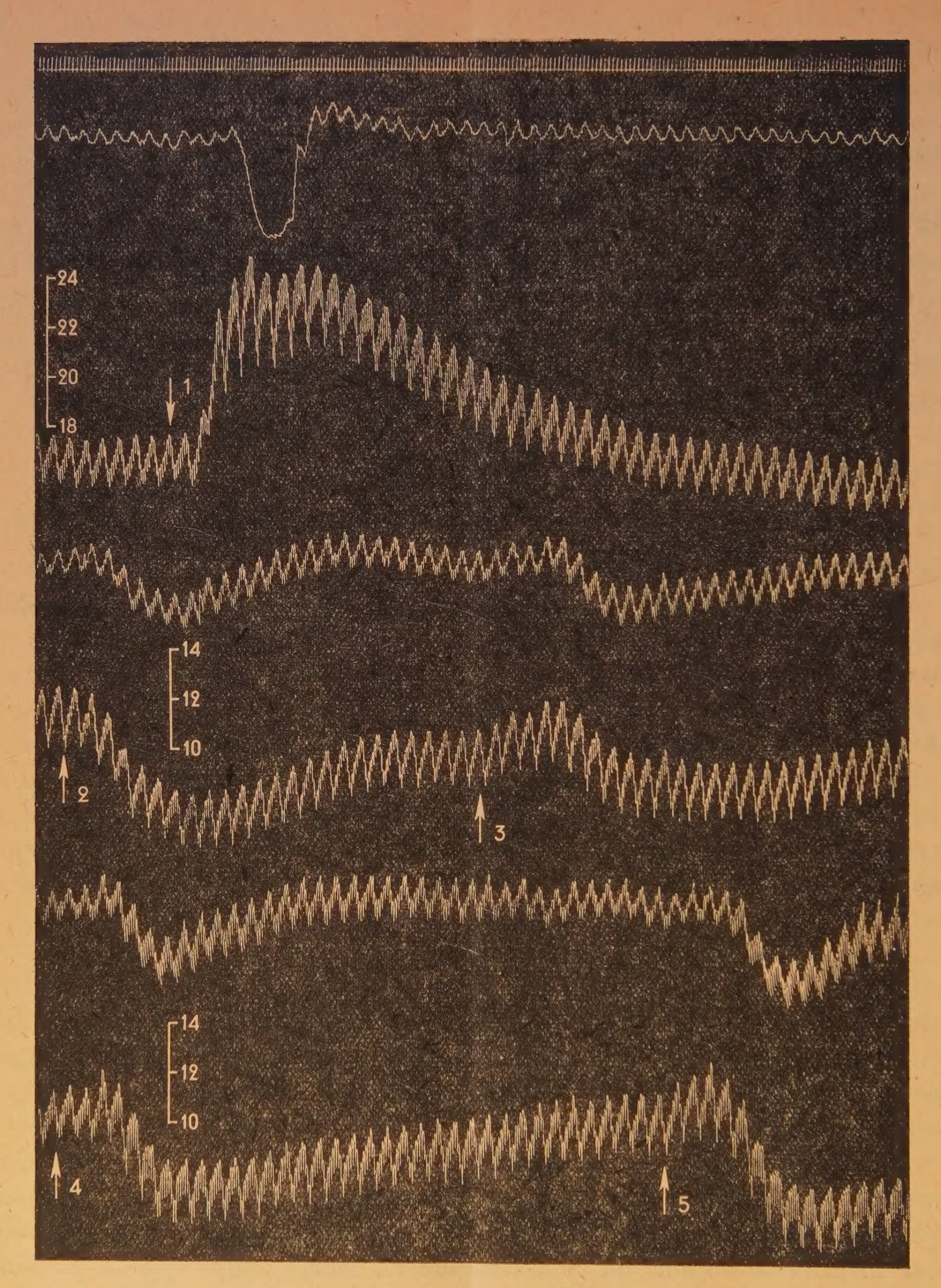
PHARMACODYNAMIE. — *Sur quelques propriétés pharmacologiques du tartrate de corynanthéine.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Ayant constaté que le pouvoir rotatoire du chlorhydrate de corynanthéine, même quand on le prépare à partir de la base cristallisée purissime, est ou devient plus ou moins fortement inférieur à ce qu'il devrait être, nous avons été amené à étudier l'action pharmacologique d'un sel organique de corynanthéine dans lequel cette base ne peut pas être altérée par l'acide, tant lors de sa préparation que pendant sa conservation. Les expériences que nous avons pratiquées nous ont montré que la corynanthéine pure est douée d'une activité hypotensive et vaso-dilatatrice ainsi que d'un pouvoir sympathicolytique majeur c'est-à-dire entraînant l'inversion de l'action hypertensive de l'adrénaline. Une de ces expériences a fourni le tracé qui accompagne cette Note.

Au début de cette expérience, on enregistre, à la suite de l'injection de $0^{mg},005$ de bitartrate d'adrénaline, d'une part une hausse de la pression carotidienne qui porte celle-ci de 176 à 249, 242 et 246^{mm} de Hg, d'autre part une vaso-constriction rénale très marquée se traduisant à la fois par une inflexion de l'oncogramme atteignant 16^{mm} de profondeur et $22^{mm},5$ de largeur et par une abolition presque totale du pouls.

Après injection de 2^{mg} de tartrate de corynanthéine par kilogramme, la pression carotidienne s'abaisse progressivement de 125 à 83^{mm} de Hg, puis remonte peu à peu jusqu'à 108^{mm} de Hg, et se maintient pendant quelque temps à ce niveau. Le volume du rein diminue en même temps que la pression s'abaisse et augmente alors qu'elle remonte, mais, cependant que cette pression reste très nettement au dessous de son niveau antérieur, il dépasse ce qu'il était initialement puis redevient à peu près tel qu'il était alors; cette expansion du rein traduit, comme le renforcement du pouls de cet organe, une vaso-dilatation de cet organe.

Injectant ensuite $0^{mg},005$ de bitartrate d'adrénaline, on constate que la



Expérience du 9 décembre 1948. Chien ratier à poil ras, de 6kg,5 anesthésié par le chloralose (13cg par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes; 2e, 4e et 6e lignes : oncogramme; 3e, 5e et 7e lignes : tensiogramme. Aux points marqués par les flèches, on a injecté dans la saphène en 1, 3 et 4, 0mg,005 de bitartrate d'adrénaliue de Hœchst; en 5, 0mg,01 de ce même bitartrate; en 2, 13mg,5 de tartrate de corynanthéine pure. Entre la fin du deuxième tracé (5e et 6e lignes) et le début du troisième (7e et 8e lignes), l'animal a reçu une injection de 27mg de tartrate de corynanthéine. Tracés réduits de 30 %.

pression carotidienne s'élève de 108 à 120^{mm}, puis s'abaisse peu à peu jusqu'à 95^{mm} de Hg, enfin revient progressivement à son niveau initial, d'autre part que le volume du rein subit des modifications parallèles à celles de la pression et que le pouls rénal ne montre plus aucune variation appréciable.

Après que l'animal a reçu une nouvelle dose de tartrate de corynanthéine, celle-ci de 4 mg/kg, l'injection de 0^{mg},005 de bitartrate d'adrénaline est suivie d'une hausse initiale très passagère de la pression carotidienne qui la porte de 112 à 121, puis d'une baisse qui l'amène à 85^{mm}. Ici le volume du rein diminue en même temps que la pression s'abaisse et augmente alors qu'elle s'élève, mais cette augmentation est plus rapide que celle de la pression, de telle sorte que le volume du rein dépasse ce qu'il était initialement alors que la pression n'est pas encore revenue à son niveau antérieur. Cette dilatation rénale traduit, comme le renfoncement marqué de pouls, une dilatation de cet organe.

Après injection de 0^{mg},01 de bitartrate d'adrénaline, la pression s'élève de 114 à 128, puis s'abaisse à 76^{mm} et remonte peu à peu au voisinage de son niveau antérieur. Ici aussi le rein revient très rapidement à son niveau initial qu'il dépasse alors que la pression reste longtemps au-dessous de son niveau antérieur.

BACTÉRIOLOGIE. — *Conditions et nature de la transformation muqueuse de* Phytomonas (Bacterium) Tumefaciens. Note de M. **Boris Rybak**, présentée par M. Joseph Magrou.

On a décrit précédemment ([1]) la transformation Smooth (S) → Muqueux (M) de la souche « 42/4 » de *P. tumefaciens* par culture sur *milieu sensible* [gélose à base d'extrait aqueux de tumeurs (Crown gall) du *Pelargonium zonale*]. La transformation inverse M → S était facilement obtenue par culture des formes M sur gélose à base de bouillon de bœuf.

Après de nombreux essais effectués par éliminations successives des constituants des milieux sensibles, nous avons finalement pu obtenir la transformation M par culture pendant 48 heures à 37° C. de formes S lavées à l'eau physiologique sur un *milieu renfermant uniquement de la gélose lavée* (P : 0; N : au maximum 0,5 % ; cendres : au maximum 0,15 %) à 20 g/l *et une des substances suivantes* (à raison de 15 g/l d'eau bidistillée) : *mannitol, arabinose, glucose, lévulose, galactose, lactose, saccharose, maltose purifié, raffinose* ([2]). La transformation n'a pu être obtenue sur gélose lavée seule ou renfermant de l'acide ribonucléique de levure (pH 7,0), du citrate de sodium, du succinate de sodium, de la *d*-glucosamine-HCl, du glycogène ou de l'amidon seuls ou additionnés d'orthophosphate de sodium N/100, ce sel ne paraît pas d'ailleurs

---

([1]) *Ann. Inst. Pasteur,* 73, 1947, p. 1015.

([2]) De façon à éviter au mieux les contaminations toujours possibles par certains produits se trouvant dans le coton cardé qui sert à boucher les tubes, nous avons préalablement passé ce coton au four Pasteur à 180° C.

gêner la transformation. Nous avons isolé des formes M ([3]) un polysaccharide hydrosoluble, précipitable par deux volumes d'éthanol à 96° (fraction *gomme*), puis par quatre volumes d'éthanol à 96° (fraction *polysaccharide* M), réduisant la liqueur de Fehling après 2 heures d'hydrolyse au bain-marie bouillant en présence d'HCl N, ce polysaccharide ne donne pas de coloration bleue à l'iode; signalons à ce sujet que la réaction à l'iode n'est pas spécifique de l'amidon : les mucilages de galactanes la donnent également avec plus ou moins d'intensité.

La synthèse du polysaccharide a pu être obtenue (toujours avec des bactéries *lavées*) sur une gélose lavée renfermant du glucose à la concentration de 10^{-5} g/l; soulignons que cette synthèse liée à la transformation muqueuse s'effectue en l'absence de phosphore; il nous paraît donc probable qu'elle est sous la dépendance d'un système transglycosidasique. La question de l'intervention de la gélose (galactane) dans le phénomène est à l'étude, de même que celle de l'identité probable de notre polysaccharide avec le glucosane extrait par Mc Intire, Peterson et Riker ([4]) de la souche « A 6 » de *P. tumefaciens*; ces auteurs, ayant travaillé en milieu liquide, n'ont pu d'ailleurs établir la relation existant entre l'apparition du polysaccharide et la transformation morphologique des colonies de *P. tumefaciens*.

Par des étalements sur boîtes de Petri (suspensions très diluées à nombre de germes connu) on a obtenu 100 % de moyenne de formes M sur gélose glucosée (30 g/l) et 100 % de moyenne de formes S sur gélose à base de bouillon de bœuf (cultures de 96 heures à 37° C.). Toutes les colonies M restaient M par repiquage sur gélose glucosée et redevenaient S par repiquage sur milieu au bouillon de bœuf; de même toutes les colonies S repiquées sur gélose glucosée devenaient M alors que, repiquées sur gélose au bouillon de bœuf, elles restaient S. Le Dr de Fonbrune a eu la grande obligeance de nous isoler au micromanipulateur plusieurs bactéries d'aspect très différent tant à partir des formes S que des formes M de « 42/4 »; les souches ainsi obtenues ont donné des colonies S sur gélose au bouillon de bœuf et M sur milieu sensible ou sur gélose glucosée. Nous pensons que le phénomène de modification muqueuse de bactéries doit être considéré comme une *variation* et non comme une mutation ou une sélection de mutants, bien qu'on puisse considérer que le nombre des isolements au micromanipulateur (une douzaine) est négligeable au regard du nombre des bactéries contenues dans les colonies-mères et qu'il reste évidemment toujours plausible que des mutations se soient produites au cours de culture des souches « *pures* ».

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h 15m.

L. B.

([3]) Formes obtenues à partir de cultures sur gélose lavée glucosée; soulignons que ce glucose est exempt de toute trace de phosphore et d'azote.

([4]) *Journ. Biol. Chem.*, 143, 1942, p. 491.